LA NATURE

REVUE DES SCIENCES ET DE LEURS APPLICATIONS



LE CENTRE TECHNIQUE DES INDUSTRIES DE LA FONDERIE

Élaboration de l'acier au four électrique : coulée (Photo ASERAM)

N° 3247 – Novembre 1955

Revue mensuelle

Le Numéro : 200 francs

Actualités et informations

Vulcanisation par les rayons gamma

Des caoutchoucs naturels et synthétiques ont été vulcanisés par un procédé nouveau à la Wright Air Development Center, à Dayton (Ohio). Il utilise les radiations gamma du cobalt 60. Le degré de vulcanisation dépend du temps d'exposition et du mélange de caoutchouc. Le nouveau procédé semble intéressant pour la vulcanisation, par exemple, des mélanges de caoutchoucs résistants à l'huile à chaud et pour l'amélioration de la tenue des caoutchoucs utilisés à basse température.

*
* *

Un pipe-line long de 550 km vient d'être mis en place pour relier à Karachi le gisement de gaz naturel de Sui. Ce gisement, situé près de la vallée moyenne de l'Indus, a été découvert en 1952 ; il contiendrait 65 milliards de m³ de gaz, et pourra, pense-t-on, être exploité pendant 60 ans au moins ; dans la composition du gaz, le méthane entrerait pour 90 pour 100. On estime que les réserves reconnues représentent l'équivalent de 100 millions de tonnes de houille importée : l'économie sera importante. Des industries commenceront avant la fin de 1955 à utiliser le gaz de Sui, entre autres des cimenteries à Karachi et aux environs (The Times Review of Industry).

*
* *

Un forage de 1 780 m, près du village de Logbala, non loin de Douala (Cameroun), a atteint une nappe de gaz sous forte pression et d'un grand débit.

*
* *

Les chantiers maritimes de Portsmouth ont mis à flot un grand yacht dont la coque, longue de 18 m, faite en matière plastique et laine de verre, ne pèse que 2 700 kg.

*
* *

Le Convair « Sea-Dart », chasseur embarqué à aile delta qui a été présenté dans le numéro de décembre 1954 de La Nature vient d'être modifié à la suite d'un récent accident. Il ne possède plus maintenant qu'un seul hydroski au lieu de deux pour l'amerrissage et le décollage ; cet hydroski est placé dans l'axe du fuselage.

SOMMAIRE

Ravages du ver du coton en Égypte

On estime que la récolte égyptienne de coton de 1955 sera sensiblement inférieure à celle des années précédentes, à la suite des attaques du ver du coton. Dans le delta du Nil, le tiers de la récolte serait perdu ; la haute Égypte, moins atteinte, n'a toutefois pas été épargnée. La ruine menace de nombreux fellahs, malgré l'aide du gouvernement qui a fait venir d'Angleterre du D.D.T. par avion.

*
* *

Un tapis de sol industriel et commercial permettant de réduire la fatigue est fabriqué aux États-Unis par un procédé de soufflage de bulles d'azote dans du néoprène. Une résilience permanente, une résistance électrique élevée et une résistance aux acides, huiles, graisses et à la chaleur ont les propriétés caractéristiques de ce matériau (« Neo-Sponge ») qui, à l'inverse du caoutchouc, n'absorbe aucun liquide ou vapeur.

*
* *

En Italie, la Société Montecatini va construire une usine pour l'extraction de l'eau lourde à partir des sources de vapeur naturelle de Larderello, en Toscane.

Nouveau gisement de pétrole en Hollande

Jusqu'à présent, le seul gisement de pétrole exploité aux Pays-Bas se trouvait près de la frontière allemande, dans la région à l'est de Zwolle. Un nouveau gisement vient d'être découvert par la Nederlandse Aardolie Maatschappij aux environs de Delft. Le forage donne une production journalière d'une quinzaine de tonnes de pétrole de fort bonne qualité. D'autres recherches se poursuivent afin de découvrir d'autres nappes dans le sous-sol sédimentaire de la Hollande occidentale.

*
* *

Une firme espagnole va coopérer avec la Dunlop Rubber Co en vue de construire à Bilbao une usine de fabrication de pneus. Les marques actuellement représentées en Espagne sont Michelin, Firestone et Pirelli, respectivement française, américaine et italienne. L'importation de pneus neufs est prohibée, ce qui explique la nécessité de développer la fabrication sur place ; les importations sont limitées aux enveloppes usagées, destinées à être réchappées.

*
* *

La production japonaise de fibres artificielles est en sérieuse augmentation. Pour le premier semestre 1955, les chiffres sont les suivants (entre parenthèses, les chiffres correspondants du 1er semestre 1954) : Rayonne : 95 518 t (89 535) ; Fibranne : 258 224 t (218 715) ; Nylon et fibres synthétiques : 14 676 t (10 263). Cette production alimente une exportation croissante sur les marchés asiatiques.

*
* *

Les étendues consacrées à la culture du coton en Grèce vont être augmentées : elles passeront l'an prochain de 110 000 à 150 000 ha, soit un accroissement de 37 pour 100.

*
* *

En juin dernier, aux États-Unis, la National Steel Corporation a mis à feu le plus grand haut fourneau du monde dans les usines de Detroit de la Great Lake Steel Corporation. Sa hauteur est de 76,80 m, son diamètre de 6,25 m et son volume intérieur de 1 815 m³.

LA NATURE
Revue mensuelle
DUNOD, Éditeur
92, rue Bonaparte,
PARIS-6e
C. C. P. Paris 75-45 — Tél. DAN. 99-15

ABONNEMENTS 1955
France et Union fse : **un an : 2 000 francs six mois : 1 000 francs**
Etranger (sauf Belgique et Luxembourg) :
un an : 2 500 francs six mois : 1 250 francs
Belgique et Luxembourg :
un an : 325 f belges six mois : 163 f belges
Changement d'adresse : 30 F en timbres-poste français ou l'équivalent en monnaie étrangère

LA NATURE

Le Centre technique des industries de la Fonderie

La fonderie a de vénérables lettres de noblesse : c'est une des plus anciennes industries connues. Les moulages en bronze remontant au deuxième et au troisième millénaire avant notre ère font l'admiration des spécialistes d'aujourd'hui, qu'étonnent non seulement la dimension des pièces exécutées mais encore et surtout la finesse des moulages ainsi que les faibles épaisseurs sous lesquelles on réussit à les obtenir. La composition était parfaitement adaptée aux besoins et la texture très fine permettait la finition par forgeage et martelage.

Si, par la suite, les impératifs de l'armement ont conduit les métallurgistes à s'efforcer principalement d'améliorer les techniques de forgeage et de trempe du fer et de l'acier, il n'en reste pas moins que la coulée des cloches, des canons, des portes en bronze, atteignit, à la fin du Moyen-Age et au début de la Renaissance, un haut degré de perfection. Les fondeurs modernes sont demeurés fidèles aux traditions du métier. Comme leurs prédécesseurs, ils cherchent sans cesse à effectuer dans des conditions toujours meilleures des moulages dont les formes et les caractéristiques puissent répondre aux *desiderata* d'utilisateurs devenant de jour en jour plus exigeants. Et pour cela, ils recourent aux méthodes les plus modernes d'investigation.

La fonderie française apparaît très importante dans l'économie nationale : elle occupe 100 000 ouvriers et compte près de 2 000 entreprises, en tête desquelles il en est de grande classe internationale, comme celles des Hauts Fourneaux de Pont-à-Mousson et de la Société Générale de Fonderie.

Il existe ici une très grande variété de fabrication, les métaux utilisés étant très différents. Certaines fonderies travaillent en série. D'autres ne fabriquent pas deux fois la même pièce. Néanmoins, les fondeurs ont compris l'intérêt qu'il y aurait à collaborer sur le plan technique. Créé initialement sous une forme très embryonnaire, le *Centre technique des Industries de la Fonderie* ne groupait, à l'origine, que quelques techniciens autour de M. Le Thomas, son administrateur et directeur général (Savant éminent, M. Le Thomas est notamment l'inventeur de l'éprouvette, universellement employée, qui porte son nom). Un plan d'action plus étendu fut arrêté au cours de cette expérience, en fonction de la nécessité qui s'imposa, après la Libération, d'un développement de l'industrie de la fonderie. C'est en 1945 que cet organisme prit un développement décisif, soutenu par la profession tout entière avec les présidents Olivier et Ricard, et appuyé par son promoteur, l'ingénieur général Norguet, ainsi que par son commissaire au gouvernement, M. Bellier. En juin 1952, les bâtiments des laboratoires du Centre (dont le siège est à Paris, avenue Raphaël) étaient inaugurés à Sèvres, non loin des Laboratoires du C.N.R.S. de Bellevue, dans un superbe cadre de verdure. Ils y occupent la place de la ménagerie dont s'agrémentait le Château de Bellevue offert par Louis XV à la marquise de Pompadour. Il faut applaudir à l'élégance de la réalisation architecturale de cet ensemble.

En premier lieu, le Centre technique de Sèvres a réuni un corps d'ingénieurs spécialistes dont la mission est d'apporter



Fig. 1 et 2. — *Recherche scientifique et recherche appliquée au Centre technique des industries de la Fonderie : le laboratoire de chimie* (à gauche) ***et la station expérimentale*** (à droite).



Fig. 3. — ***Soufflage de l'acier au convertisseur*** (*Photo* H. et C. LACHEROY).

La fonte est, comme chacun sait, un alliage de fer et de carbone. Mais les fontes couramment utilisées comportent nombre d'autres constituants; silicium, manganèse, soufre, phosphore, etc. En modifiant, par des additions appropriées, les proportions de ces éléments dans la fonte brute de haut fourneau, ou bien en employant des matières premières ayant des compositions définies, on donne à l'alliage les qualités convenables. C'est ainsi que la résistance à la traction, considérée jadis comme satisfaisante quand elle atteignit 20 kg par millimètre carré, va maintenant jusqu'à 30 kg et même davantage. On a obtenu de même des fontes qui présentent une meilleure tenue aux agents chimiques, une meilleure résistance à chaud dans des atmosphères plus ou moins corrosives.

aux industriels l'aide de conseils éclairés pour résoudre les difficultés techniques auxquelles ils peuvent se heurter au cours de leurs activités quotidiennes. Les ingénieurs spécialistes du Centre répondent à leurs correspondants par lettre ou se rendent sur place, en usine. Plusieurs postes régionaux fonctionnent dans les régions à forte densité industrielle. Cette action est complétée par un réseau de laboratoires : en plus du siège parisien, il en existe actuellement à Roubaix, Charleville, Nancy, Saint-Dizier, Marseille, Bordeaux, Rennes, Lyon et Rouen. Les fondeurs ont droit à un certain nombre de services directs : consultations, mises au point en usine, analyses, essais mécaniques, documentation.

Le Centre poursuit, en outre, deux catégories de travaux : recherches scientifiques et recherches appliquées (fig. 1 et 2). En ce qui concerne les recherches fondamentales, le Centre englobe les travaux qui visent, au prix d'un effort de longue haleine, à faire progresser les connaissances de base. Leur mise en œuvre exige, outre les moyens permanents du Centre, des dispositifs expérimentaux inhabituels auxquels il est fait appel en s'adressant à divers laboratoires spécialisés. Des contacts assidus sont établis avec les savants et techniciens de tous pays. Quant aux recherches appliquées, leur secteur groupe les travaux qui tendent à obtenir, à échéance généralement rapprochée, des progrès concrets dans les techniques de fabrication. Pour les mener à bien, le Centre dispose de moyens d'action permanents : documentation, laboratoires, station d'essais, bureau d'études. Répartis en différentes techniques, les deux types de recherches couvrent maints domaines, et de multiples problèmes se posent.

Une fonte plus résistante. — C'est la fonte qui, en tonnage, représente la plus importante partie de la production des industries de la fonderie (fig. 4). Elle possède deux qualités maîtresses, appréciées depuis longtemps des fondeurs : coulabilité et faible retrait lors de la solidification. Pour l'usager, la fonte présentait toutefois le défaut d'une fragilité relative. Sans nuire à sa coulabilité, caractéristique d'une fonte convenablement élaborée, et sans trop accroître la tendance à la retassure (terme qui désigne la formation de cavités pendant le retrait du métal au refroidissement), on arrive, en agissant sur la structure intime de la fonte, à améliorer de plus en plus ses qualités de résistance.

Un nouveau progrès a été réalisé depuis que l'on sait agir sur la morphologie du graphite, qui peut se présenter sous forme de lamelles ou de sphérules. La fonte à graphite sphéroïdal [1] possède des caractéristiques mécaniques en général notablement plus élevées.

De tels résultats sont l'aboutissement de minutieuses et patientes recherches métallographiques. Le microscope, déjà employé à cet effet par Réaumur, est devenu un instrument familier au fondeur de fonte : il a appris à distinguer les structures, très variées, qu'elle peut présenter et, en particulier, la forme sous laquelle apparaît le graphite.

Pour obtenir des fontes malléables, c'est-à-dire susceptibles, après solidification et traitement, de subir une certaine déformation sans se rompre, deux procédés sont utilisés. L'un, dû à Réaumur, consiste à décarburer la fonte en la chauffant dans un milieu oxydant. L'autre, instauré aux États-Unis au début du siècle dernier, est le traitement thermique qui décompose les combinaisons de carbone et de fer, de telle sorte que le carbone se concentre en nodules de graphite dans une matrice de fer assez doux.

Aciers moulés. — Les aciers non alliés, tels qu'ils sont définis par la norme française relative à l'acier moulé, ont des résistances à la rupture qui s'échelonnent entre 40 et 65 kg/mm², avec des allongements avant rupture qui peuvent atteindre 20 pour 100 pour les plus doux, 10 pour 100 pour les nuances plus résistantes.

Quant à la gamme des aciers alliés se prêtant au moulage, elle est aujourd'hui extrêmement étendue, l'aciériste faisant appel à tous les éléments — du silicium au titane, du manganèse au vanadium et au niobium... — que la métallurgie met à sa disposition (fig. 5 et 6).

Alliages de cuivre. — Dans le domaine des alliages de cuivre, on constate que les compositions classiques, alliage de cuivre et d'étain (bronzes) et alliages de cuivre et de zinc (laitons) continuent, tels qu'ils ont été élaborés depuis des siècles, à jouer un rôle considérable dans les industries les plus diverses. Auprès de ces alliages classiques, il en est néanmoins

1. Voir : Les fontes ductiles à graphite sphéroïdal, par A. BRETON, *La Nature*, juin 1952, p. 190.

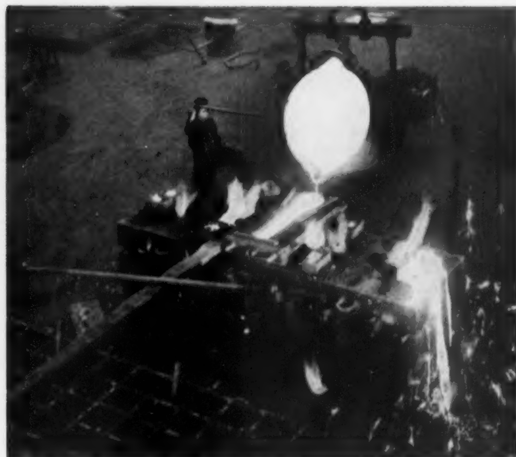


Fig. 4. — *Une coulée de fonte à l'usine* (Photo Ets Groignard).

apparu d'autres, qui prennent une place de plus en plus importante.

Les cupro-aluminiums (bronzes d'aluminium), contenant, en plus du cuivre, en général 8 à 12 pour 100 d'aluminium, avec des teneurs variables en fer, en manganèse et, assez souvent, en nickel, ont une résistance mécanique de l'ordre de celles des aciers demi-durs et une résistance à la corrosion remarquable. Mais leur élaboration, assez délicate, requiert des procédés de fabrication spéciaux. Les cupro-aluminiums présentent l'avantage de bien se prêter à la coulée en moules métalliques, ce qui permet, lorsque les séries sont assez importantes, de réaliser des pièces dont l'usinage est limité au strict minimum.

Les laitons à haute résistance (souvent appelés bronzes à haute résistance, et parfois bronzes au manganèse) sont des alliages constitués essentiellement par du cuivre et du zinc, avec des additions d'aluminium, de fer, de manganèse et de nickel, et quelquefois de petites quantités d'étain, de silicium ou de plomb. Alors que ces alliages ont d'ordinaire une résistance de l'ordre de 45 kg/mm², on en a réalisé qui atteignent et même dépassent 75 kg/mm².

Les cupro-plombs, d'une élaboration délicate par suite de la non-miscibilité du cuivre et du plomb à l'état de fusion, permettent de réaliser des coussinets ayant d'excellentes qualités de frottement et une bonne résistance à l'usure. D'autre part, on voit se multiplier les moulages où le cuivre est associé au silicium, au nickel, au chrome ou au glucinium, entre autres.

La fonderie des alliages d'aluminium et des alliages de magnésium s'est développée considérablement avec l'essor des industries aéronautiques, mais elle ne se limite évidemment pas à ce domaine et l'industrie automobile, ainsi que celle des appareils ménagers, y ont aussi largement recours (fig. 7 et 8). A noter encore le développement, depuis quelques années, de la fonderie des alliages de zinc.

Progrès des méthodes d'élaboration. — Si les cubilots et les fours à flamme demeurent les appareils de fusion les plus répandus (leur rendement a d'ailleurs été notablement amélioré), les fours électriques ont pris une place importante, surtout en fonderie d'acier (fig. de la couverture) et d'alliages légers, parfois aussi en fonderie de fonte et d'alliages cuivreux. Le moulage en sable a fait l'objet d'études poussées, tant en ce qui concerne les qualités des sables et des agglomérants qu'au point de vue de la forme à donner aux moules. Pour augmenter le rendement, l'effort a principalement porté sur les moyens de manutention. En effet, pour réaliser 1 t de pièces moulées, il faut fréquemment déplacer, en combustibles, en sable, en châssis, en masselottes, jusqu'à 200 t de matériaux. L'effort de productivité tend donc à la fois à diminuer ce tonnage, à réduire les trajets et à mécaniser les manutentions subsistantes. Enfin, le contrôle des produits moulés offre à l'usager de plus en plus de garanties, tout en permettant aux fondeurs

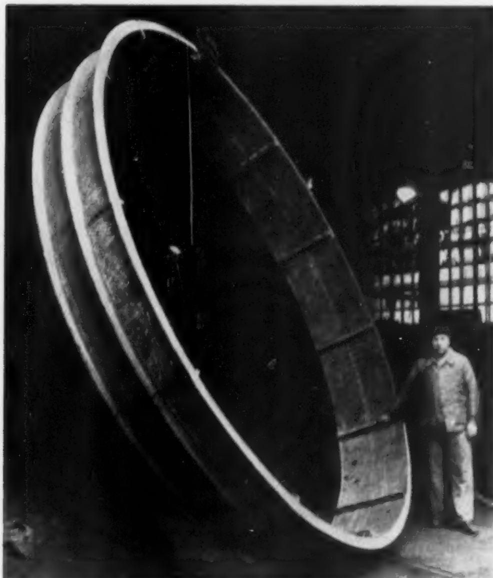


Fig. 5. — *Crépine pour l'industrie de la papeterie, pièce en acier moulé inoxydable, d'un diamètre de 5,5 m* (Photo ASFRAM).



Fig. 6. — *Roue Francis de 17 aubes en acier demi-dur moulé (barrage de Chastang sur la Dordogne)* (Photo F.A.M.).

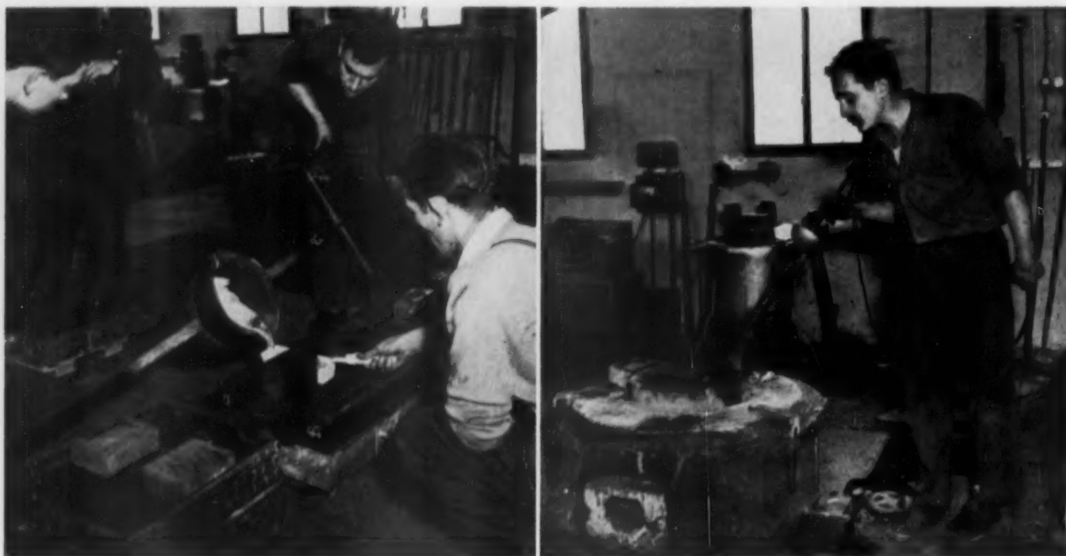


Fig. 7 et 8. — A la station expérimentale du Centre de la Fonderie. — A gauche : Coulée d'un moule d'où seront extraites des éprouvettes d'aluminium. — A droite : Contrôle de la température d'un bain d'alliage léger au cours d'une opération de fusion dans un four à creuset.

de mettre au point leurs méthodes de fabrication avec plus de sûreté qu'autrefois.

Le cubilot. — Ces progrès supposent de longues et patientes recherches. Nous passerons en revue les grandes questions inscrites à l'ordre du jour au Centre de Sèvres.

Le cubilot, toujours très employé, comme il vient d'être dit, consiste essentiellement en un fût cylindrique vertical dans lequel on place en couches alternées le coke et la charge, constituée en général par des lingots de fonte brute et des morceaux de vieilles fontes. L'air de combustion est insufflé à l'aide de tuyères. Le plus souvent, le cubilot est garni d'un réfractaire à base de silice (garnissage acide) et l'air est insufflé à la température ambiante. Si simple qu'il semble de prime abord, cet appareil a fait l'objet d'études ardues. Celles-ci ont permis de mieux connaître les conditions de fonctionnement et, corrélativement, d'agir sur le rendement ainsi que sur la qualité de la fonte produite. Les recherches se poursuivent notamment au sujet des garnissages réfractaires appropriés aux diverses fontes que l'on désire obtenir.

Masselottes atmosphériques. — On sait que pour l'obtention de pièces saines, on utilise une masselotte, c'est-à-dire un appendice que l'on fait venir à la partie supérieure de la pièce coulée, afin de fournir soit une réserve de métal liquide pour compenser l'action de retrait du métal lors du refroidissement, soit un logement aux gaz des soufflures qui n'auraient pu se dégager à temps. Les masselottes sont détachées de l'objet coulé après décochage par rupture ou par sciage, et livrées de nouveau à la fusion. Au lieu de se contenter de faire pénétrer le métal liquide supplémentaire fourni par la masselotte grâce à sa seule pesanteur, on peut profiter de la pression atmosphérique en lui demandant de s'exercer comme elle le fait sur le mercure d'un tube barométrique. C'est le principe des masselottes atmosphériques, où le métal peut être, de plus, maintenu plus longtemps à l'état liquide par l'emploi de produits exothermiques. Les expériences systématiques poursuivies à Sèvres ont contribué au développement de l'utilisation de ces masselottes.

Soufre, chrome, aluminium. — Il peut apparaître, dans certains moulages de fonte, des régions dures, résultant d'une proportion de soufre trop élevée par rapport à la teneur en manganèse. On a pu préciser le rapport qui doit exister entre les quantités de ces deux éléments pour éviter ce défaut.

On rencontre souvent maintenant du chrome dans les matières premières qui servent à l'élaboration des fontes malléables. Ce chrome empêche le processus de malléabilisation de se produire. Il a été montré que l'addition d'une très faible quantité de bore constitue en l'occurrence l'antidote du chrome.

Lors de l'emploi de déchets de métaux cuivreux, qui est inévitable pour une marche économique de l'industrie, il arrive souvent que le bronze contienne de petites quantités d'aluminium qui entraînent toujours des fuites dans les pièces qui doivent être essayées à la pression. Le Centre technique de la Fonderie a mis au point et diffusé une méthode pour éliminer cet aluminium indésirable.

Au rayon des sables. — Le sable, qui sert à exécuter les moules dans lesquels les pièces de fonderie sont coulées (fig. 9), doit présenter des caractéristiques bien déterminées, suivant la nature de l'alliage et les dimensions des moulages prévus. Les chercheurs ne se sont pas contentés, en ce domaine, de définir avec précision ces conditions. Ils ont procédé à un inventaire très détaillé des sables que l'on peut trouver dans les diverses régions de notre pays (aucune carrière, aucune plage, aucun lit de rivière n'a été omis...), de telle sorte que chaque fonderie sait à présent où elle peut s'adresser pour obtenir au meilleur compte les matériaux de qualité qui lui sont nécessaires.

Les moules de sable destinés à la coulée de certaines pièces doivent subir un étuvage avant de recevoir le métal en fusion. Cette opération a lieu dans des étuves qui sont grosses consommatrices de combustible. On a défini les conditions à réaliser pour obtenir le meilleur rendement du combustible et la plus grande régularité de chauffe.

La question des gaz. — Une des grandes questions à l'étude est celle des gaz qui peuvent être présents dans les métaux, car il faut éviter qu'ils n'y produisent des porosités. De plus, on

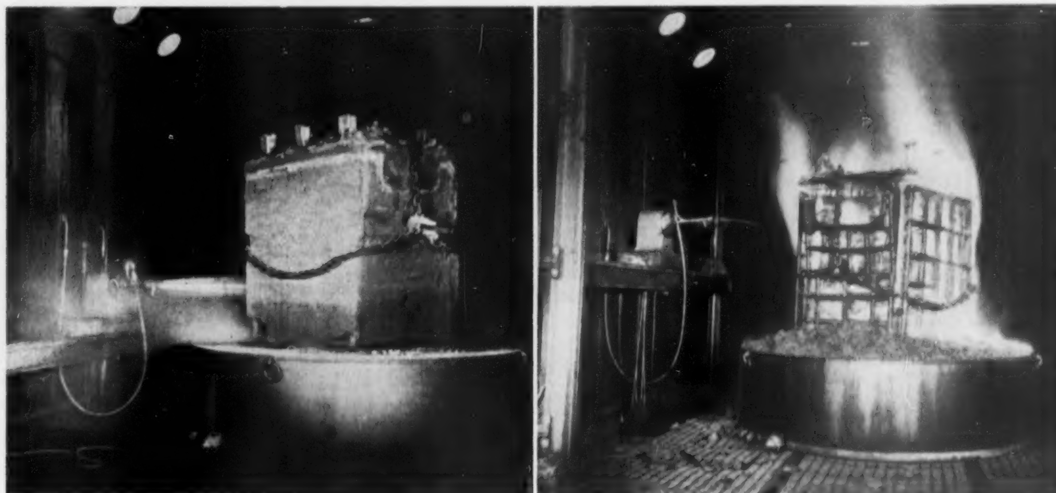


Fig. 9 et 10. — *A l'usine : dégagement de grosses pièces du sable de moulage, à l'aide d'eau sous pression.*
A gauche : Début de l'opération. — *A droite* : L'opération terminée.

pense que de très faibles quantités de gaz, ne risquant pas de provoquer des vides, ont néanmoins encore une influence sur la structure des alliages. On procède à leur extraction par fusion sous vide. La détermination de ces quantités minimes de gaz, l'étude de la façon dont ils s'insèrent dans la maille cristalline ou aux joints des grains, les modalités de leur action sur la vitesse de germination et la vitesse de croissance des cristaux, offrent aux investigations un champ très vaste et encore relativement peu exploité (fig. 11).

Recours aux isotopes radioactifs. — L'emploi des rayons *gamma* produits par des isotopes radioactifs pour le contrôle de la qualité des moulages est une technique en voie d'extension. Le Centre de Sèvres en a tout de suite compris l'intérêt et, par des mesures systématiques, a précisé les conditions d'emploi, à cet effet, du cobalt 60, de l'iridium 192 et du thulium 170. Des travaux sont en cours en vue de l'utilisation du cæsium 137, que l'on trouve dans les produits de fission des réacteurs nucléaires. La gammagraphie présente trois avantages : faible encombrement du matériel qu'elle met en œuvre; simplicité des techniques utilisées; efficacité pour l'examen de pièces de grande épaisseur en métaux absorbants. Procédé d'avenir, la gammagraphie utilisera donc de plus en plus de corps radioactifs, cependant que le développement de l'industrie atomique apportera des débouchés nouveaux à l'industrie de la fonderie. En effet, il faudra non seulement couler des quantités croissantes de corps tels que l'uranium, mais encore, et en quantités peut-être plus importantes, il y aura à fournir le matériel nécessaire aux diverses réactions nucléaires, matériel qui devra souvent résister à des actions corrosives et ne pas

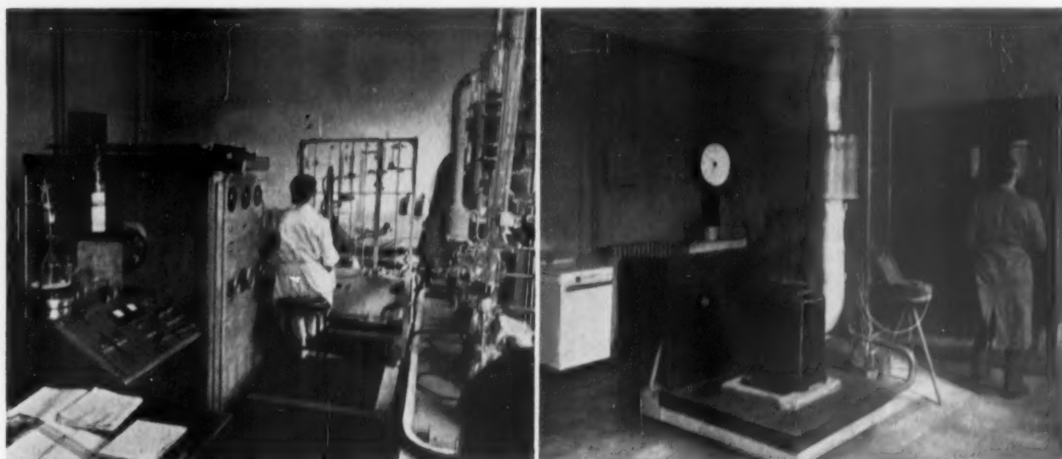


Fig. 11 et 12. — *Dans les laboratoires du Centre de la Fonderie à Sèvres.*
A gauche : Étude de l'influence des gaz sur la structure des métaux. — *A droite* : Plateforme d'essai des appareils de chauffage domestiques.

contenir, même à l'état de traces, certains éléments dont la présence est indésirable dans l'enceinte des réacteurs, en particulier comme capteurs de neutrons. De nouveaux problèmes seront posés aux techniciens, car cet équipement ne devra pas avoir besoin de réparations, la radioactivité risquant de rendre celles-ci dangereuses ou même parfois impraticables.

*
* *

Les laboratoires de Sèvres sont, il va sans dire, puissamment équipés. On y dispose de tous les moyens les plus modernes, qu'il s'agisse de microscopie, de spectrographie, de polarographie ou de colorimétrie. Les dilatomètres jouent ici un rôle capital pour l'étude des fontes. Un dilatomètre de grandes dimensions permet d'effectuer des essais à chaud sur les sables. Une part importante de l'activité des chercheurs est consacrée à la mise au point de nouvelles méthodes d'analyse normalisées, afin que tout le monde parle le même langage.

A la Station d'essais, où se trouvent fours à mazout, fours électriques, cubilots, on travaille à une échelle semi-industrielle.

Un service spécial est consacré aux essais d'appareils de chauffage. C'est ainsi qu'un poêle à contrôler sera étudié sur une bascule très sensible qui permettra de connaître sa consommation de charbon, les caractéristiques de la combustion, soit en marche rapide, soit en marche continue (fig. 12). A des essais analogues sont soumis cuisinières, appareils à gaz, etc.

Il faut noter à ce sujet l'heureuse politique de la qualité, poursuivie, sous le signe des normes et des labels, par le Centre de la Fonderie, qui, en liaison avec l'Association française de Normalisation (AFNOR) procède, pour l'établissement des spécifications techniques, aux enquêtes auprès des producteurs et des utilisateurs. Une fois homologuée, une norme constitue un document officiel qui définit pour le produit qu'elle concerne, et cela vis-à-vis du producteur aussi bien que de l'usager, un niveau de qualité conforme aux conditions d'emploi du produit. Les normes de fonderie trouvent leur aboutissement logique dans la création et la mise en vigueur de *marques de qualité*.

Ajoutons que le Centre fait éditer deux périodiques, la revue *Fonderie*, commune au Centre et à l'Association technique de la Fonderie, et le *Journal d'informations techniques des Industries de la Fonderie*, la première étant d'un niveau technique élevé, le second visant seulement à donner, sous une forme simple et concise, un panorama de la vie technique de la profession.

FERNAND LOT.

Une amélioration dans la sécurité des vols commerciaux

L'atterrissage sans visibilité

A MESURE que les avions commerciaux devenaient de plus en plus perfectionnés, avec des rayons d'action permettant de relier l'une à l'autre n'importe quelles parties du monde, l'extension du trafic se produisait, procurant aux compagnies de transport une augmentation de la rentabilité de leur exploitation, mais nécessitant en contrepartie des vols par tous les temps, de jour comme de nuit. Le problème posé par la régularité des vols et la sécurité ne pouvait être résolu que par la mise en service de nouveaux dispositifs aidant à la navigation.

Si l'on analyse les statistiques d'exploitation de l'aviation civile, on constate que la cause la plus importante de perturbation dans les horaires des compagnies est la visibilité insuffisante dans la région de l'aérodrome d'arrivée. Lorsque l'exploitant est averti suffisamment tôt, le vol est purement et simplement annulé; sinon, si les conditions atmosphériques se modifient en cours de trajet, l'avion est dérouté sur un aérodrome plus ou moins proche. Ces circonstances avaient jusqu'à présent un effet déplorable sur le public, et c'est pourquoi des solutions ont été cherchées pour y remédier le mieux possible.

Sur certains aérodromes, on a essayé d'améliorer le plafond par l'utilisation de feux de piste, et plus particulièrement de feux anti-brouillard. Mais, outre que ces dispositifs sont d'un emploi relativement coûteux, ils ne résolvent pas le problème de l'atterrissage lorsque le plafond est pratiquement nul. Aussi, sous la direction de l'O.A.C.I. (Organisation de l'Aviation civile internationale) il a été mis au point des systèmes d'atterrissage sans visibilité tout à fait satisfaisants, qui équipent les grands aéroports internationaux. Ils nécessitent évidemment pour les avions l'emploi de nouveaux instruments de bord qui alourdissent l'appareil, mais qui se généralisent maintenant sur tous les avions long-courriers. Deux systèmes se partagent les faveurs des utilisateurs, systèmes qui font tous deux appel aux techniques de la radio-électricité : les systèmes I.L.S. et G.C.A.

L' « Instrument Landing System ». — Le premier, dénommé I.L.S. (Instrument Landing System), définit la trajectoire d'atterrissage comme l'intersection de deux plans, l'un vertical et passant par l'axe de la piste, l'autre, perpendiculaire au précédent, et faisant avec le plan horizontal un angle de 2 à 5 degrés (fig. 1). Ces deux plans sont matérialisés par l'émission d'ondes radioélectriques, modulées en amplitude différemment suivant qu'on est d'un côté ou de l'autre du plan. Ainsi, par exemple, à gauche du plan vertical d'atterrissage, la fréquence de la modulation en amplitude sera de 90 cycles par seconde, alors qu'à droite, elle sera de 150 cycles par seconde. Les deux faisceaux d'ondes sont reçus par des récepteurs radio à bord de l'avion, dans lesquels les modulations sont redressées. On obtient alors deux courants qui agissent en sens inverse sur un galvanomètre; si l'avion est bien au-dessus de l'axe de la piste, ces deux courants sont égaux, et l'aiguille du galvanomètre indique zéro. Sinon, l'un des courants prédomine, faisant dévier l'aiguille du côté correspondant, parallèlement à elle-même, et indiquant au pilote le sens dans lequel il doit corriger la manœuvre.



Fig. 1. — *Schéma du système I.L.S.*

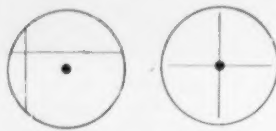


Fig. 2. — *Cadran à aiguilles en croix du système I.L.S.*
A gauche, l'avion est trop haut et trop à gauche. — A droite, l'avion est sur la trajectoire

Le dispositif est exactement le même pour le plan de descente. En fait, les deux aiguilles sont groupées sur le même cadran, l'une horizontale, l'autre verticale, en sorte que le pilote pour décrire la trajectoire idéale, n'a qu'à maintenir le point d'intersection des aiguilles au zéro, au centre du cadran (fig. 2).

L'équipement au sol se compose de deux émetteurs : l'émetteur de direction, qui se trouve à l'extrémité opposée de la piste, et l'émetteur de trajectoire situé légèrement sur le côté. Il est complété par trois balises qui servent seulement à indiquer au pilote à quelle distance il se trouve de l'entrée de la piste. Elles émettent des faisceaux verticaux très étroits constitués par des signaux Morse (traits pour le premier, traits-points pour le second, points pour le troisième) qui actionnent chacun à l'intérieur du poste de pilotage des lampes de couleurs différentes. Ces balises sont respectivement localisées à 7 200 m, 1 600 m et à l'entrée de la piste. Ce système, tel qu'il vient d'être exposé, suppose la participation du pilote pour effectuer les corrections à apporter aux commandes de l'avion. De telles corrections, qui demandent une assez grande rapidité d'action pour ne pas agir dans le sens opposé, ne peuvent être réalisées que par un pilote expérimenté, et encore leur automatisme peut-il être fâcheusement influencé par la fatigue d'un vol de longue durée. De plus, le jeu de ces corrections fait que l'avion décrit en réalité une trajectoire oscillante autour de la ligne idéale.

Aussi des perfectionnements ont-ils été apportés au système, dont l'un des plus intéressants a été l'adjonction au récepteur de bord d'une machine à calculer électronique qui reçoit à la fois les signaux I.L.S. et les indications d'instruments gyroscopiques montés dans l'avion, et donnant sa position en roulis, tangage et lacet. L'appareil ainsi constitué, le « Zero-Reader » Sperry calcule à l'avance les corrections à effectuer, et marque la position zéro, non pas quand le pilote décrit la trajectoire, mais quand il réalise les manœuvres adéquates. Enfin, il est également possible de transmettre directement les signaux I.L.S. au pilote automatique. Dans ce cas, le pilote n'a plus qu'à surveiller le bon fonctionnement de l'appareil, se bornant à le débrancher lorsque l'avion n'est plus qu'à quelques mètres du sol pour terminer l'atterrissage à vue.

Tous les dispositifs précédents ont cependant l'inconvénient d'augmenter le poids des équipements à bord de l'avion. C'est pourquoi le second système d'atterrissage sans visibilité, qui ne nécessite que les instruments radio habituels, équipe aussi de nombreux aéroports internationaux.

Le « Ground Controlled Approach ». — Plus simplement dénommé G.C.A., cet appareil est constitué de deux radars distincts qui reproduisent la position de l'avion à l'intérieur de la tour de contrôle. Dès qu'il entre dans la zone d'approche de l'aérodrome, l'avion est pris en charge par un radar de surveillance, le S.R.E. ou « Surveillance Radar Element » qui présente sur un écran une image panoramique de l'espace entourant la station, et qui donne la position des avions en direction et en distance. Son rayon d'action peut atteindre jusqu'à 100 km, lui permettant de prendre en charge les avions bien au delà de la zone d'approche proprement dite et de participer ainsi au contrôle général du trafic aérien. La longueur d'onde utilisée est de quelques centimètres, et le faisceau d'ondes électro-magnétiques est émis à partir d'une antenne (fig. 3) installée au sommet d'un mât, de telle façon que son diagramme n'éclaire pas les obstacles au sol, évitant ainsi les images parasites sur l'écran.

Lorsque l'avion arrive à une dizaine de kilomètres de l'aérodrome, le S.R.E., qui n'est pas assez précis pour l'opération finale de l'atterrissage, cède la place au radar d'approche, le P.A.R. ou « Precision Approach Radar ». Ce radar est en général dédoublé en deux éléments de sensibilité différente,

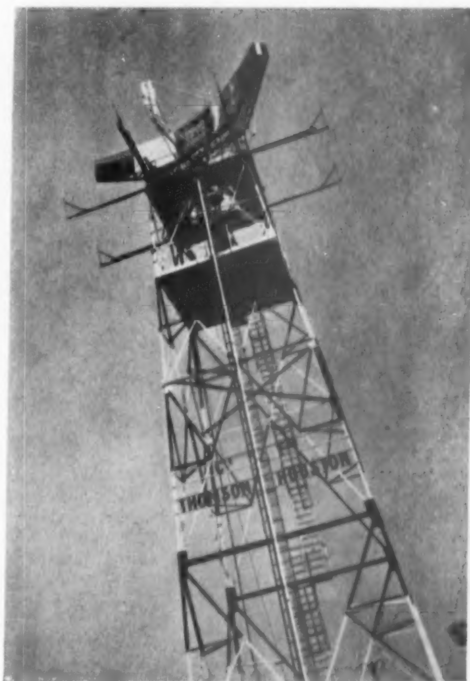


Fig. 3. — *Antenne du radar de surveillance de l'aéroport d'Orly.*

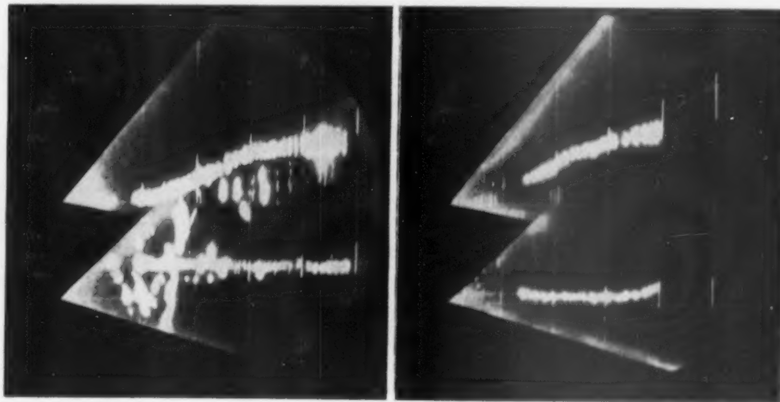


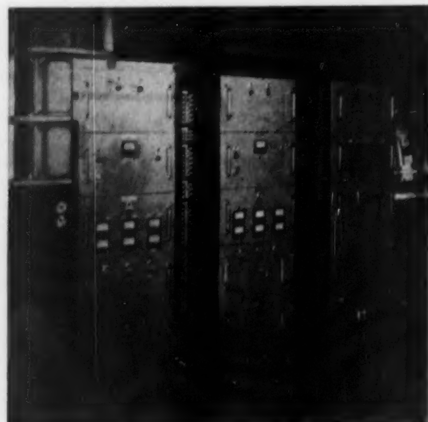
Fig. 4. — *Écrans du P.A.R. du Bourget.*
L'écran de droite couvre un rayon de 20 km, celui de gauche de 4 km.



Fig. 5. — *Poste radar G.C.A. du Bourget.*

Fig. 6. — *Intérieur du poste-radar C.G.A. de l'aéroport de Bruxelles.*

(Photos Compagnie française Thomson-Houston).



le premier ayant un rayon d'action de 20 km, le second de 4 km. Il possède un système de deux antennes, une antenne de gisement qui tourne autour d'un axe vertical avec une amplitude de 20 degrés, et une antenne de site qui se déplace dans un plan vertical en balayant un secteur angulaire de 7 degrés. Les images données par ces deux faisceaux sont reçues sur le même écran, comme le montre la figure 4, relative à une approche effectuée à l'aéroport du Bourget. Les antennes sont enfermées dans un petit bâtiment, possédant des fenêtres en matériau diélectrique, et situé à quelques centaines de mètres de l'axe de la piste (fig. 5). A l'intérieur de ce bâtiment se trouve en outre une baie à trois éléments, dont deux comprennent deux voies émission-réception fonctionnant alternativement.

Le troisième élément contient les organes de régulation du secteur, les télécommandes et le raccordement au pupitre et aux antennes (fig. 6).

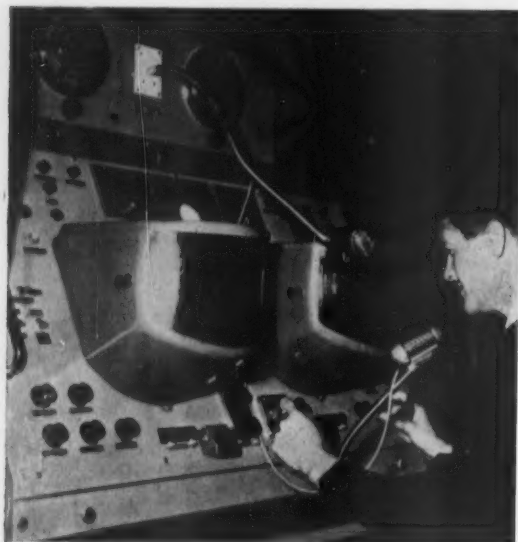


Fig. 7. — *Le pupitre du G.C.A. de l'aéroport de Genève et les deux écrans du P.A.R.* (*Photo Cie Fse Thomson-Houston*).

Les écrans du S.R.E. et du P.A.R. sont groupés dans une salle de la tour de contrôle, où un opérateur (fig. 7) pour chaque radar les surveille et transmet par radio les indications correspondantes au pilote de l'avion pour que celui-ci suive la trajectoire d'atterrissage correcte et se pose en bout de piste.

Ce système est très précis et présente en outre l'avantage que le pilote n'a aucune décision à prendre, se contentant d'obéir aux ordres qui lui sont données du sol.

•
• •

Tels qu'ils sont, les dispositifs d'atterrissage sans visibilité ont donc considérablement augmenté la sécurité de l'aviation civile. Il reste à perfectionner les appareils de telle sorte que le vol complètement automatique soit possible depuis le décollage jusqu'à l'atterrissage. Un essai a déjà été tenté dans ce but, puisqu'il y a quelques années, un quadrimoteur doté d'un équipement spécial avait traversé l'Atlantique sans aucune intervention de son pilote. Mais avant que les compagnies acceptent de confier leurs passagers à de tels robots, il faudra qu'une longue expérience couronnée de succès en garantisse le bon fonctionnement.

Enfin, du point de vue militaire, ces procédés présentent un grand intérêt. Alors que les différentes aviations militaires s'équipent de formations de chasseurs « tous temps », c'est-à-dire destinées à opérer particulièrement par mauvais temps, il est important de munir ces formations des moyens propres à faciliter leur départ et leur atterrissage. A cet effet, l'appareillage de piste du système G.C.A. existe sous forme de remorque mobile, spécialement bien adaptée à des unités de campagne.

Les besoins militaires ne peuvent donc que donner une impulsion nouvelle à la recherche dans ce domaine, qui, comme dans beaucoup d'autres, profitera certainement à l'aviation civile.

J. Spincourt.

Les radioisotopes en blanchisserie

D'après l'American Home Laundry Manufacture Association, rapporte notre confrère *L'Industrie textile*, les laboratoires d'essai américains utilisent maintenant des radioisotopes pour apprécier l'efficacité de différentes machines à lessiver. On se sert de jus de betterave rendu radioactif par l'addition de radioisotopes et dont on a imprégné des tissus de coton ; on examine ceux-ci au compteur de Geiger avant et après le lessivage, ce qui permet de déterminer avec précision la proportion d'impuretés restantes.

L'acoustique des Orthoptères

Si un certain nombre d'Insectes sont capables de produire des bruits par frottement de différentes parties du corps, deux groupes seulement peuvent être considérés comme de véritables musiciens; ce sont les Cigales et les Orthoptères (Sauterelles, Grillons, Acridiens). L'un et l'autre ont depuis longtemps attiré l'attention des naturalistes, mais il s'agit d'insectes si différents que les recherches auxquelles cette faculté a donné lieu sont bien plus avancées dans un cas que dans l'autre. Alors que les cigales sont des êtres fragiles, difficiles à observer en liberté et pratiquement impossibles à faire vivre en captivité, les Orthoptères se montrent particulièrement propices à toutes les observations et expériences. Aussi, le chant de ces derniers a-t-il été bien mieux analysé et son étude a été l'objet d'un colloque international qui s'est tenu, en avril 1954, au Laboratoire de Physiologie acoustique de l'Institut national de la Recherche agronomique. Ce colloque, organisé par M. R. G. Busnel, a réuni une quarantaine de savants parmi lesquels se trouvaient non seulement des biologistes, mais aussi des physiciens spécialisés dans les questions d'acoustique [1]. Avant de parler des résultats de cette réunion, il est bon de rappeler ce que sont les organes émetteurs et récepteurs de sons chez les Orthoptères.

Organes stridulants des Orthoptères. — On se trouve en présence d'organes extrêmement différents suivant qu'on a affaire aux Ensifères (Sauterelles et Grillons) d'une part, aux Acridiens d'autre part. Dans les deux cas, la partie essentielle de l'organe stridulant se trouve sur les ailes antérieures ou élytres, mais la conformation et le fonctionnement de cet organe sont absolument dissemblables.

Chez les Ensifères, la partie la plus active de l'élytre est constituée par une nervure fortement épaissie, qu'on a appelée



Fig. 1. — *Partie basale de l'archet d'une sauterelle* (Barbitistes serricauda) *vue du dessous et fortement grossie.*
Les saillies transversales forment l'appareil d'attaque qui déclenche les vibrations ; les saillies basales, incomplètement développées, ne sont pas fonctionnelles.

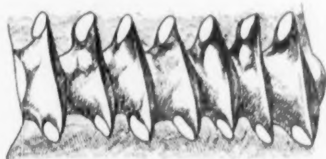


Fig. 2. — *Le même organe, également très grossi, chez un grillon* (Gryllus campestris).

l'*archet;* elle est garnie en dessous d'une série de très petites saillies formant des rides ou des denticulations très variables de nombre et de forme (fig. 1 et 2). A cette nervure principale s'ajoutent des formations plus ou moins développées et assez différentes dans les deux principaux groupes d'Ensifères. Chez les Grillons, la presque totalité du champ dorsal de l'élytre est modifiée et la plupart des nervures prennent part à la formation de l'organe stridulant, concourant ainsi aux variations de la fréquence et de l'intensité du son. Chez les Sauterelles, au contraire, l'organe stridulant occupe seulement une faible partie de l'élytre, à la base. Une autre différence entre les deux groupes consiste dans le fait que les deux élytres des Grillons sont semblables, alors que, chez les Sauterelles, l'élytre gauche est seul pourvu d'un archet, les nervures de l'élytre droit n'étant pas épaissies et la partie musicale de l'organe, mince et transparente, formant un tympan sonore (fig. 3). Malgré ces différences, tous les Ensifères emploient le même procédé pour la production du son. Les deux élytres étant soulevés, la vibration est produite par le frottement de la partie inférieure, dentelée, de l'archet d'un côté sur le bord aminci de l'autre élytre, qu'on a appelé *chanterelle*. C'est donc bien à cette nervure spéciale et aux mouvements des élytres, qu'est due la production du son.



Fig. 3. — *Avant-corps d'une sauterelle* (Tettigonia viridissima) *montrant la partie transformée en organe stridulant, à la base des élytres.*
En *a*, la veine stridulante, ou archet, de l'élytre gauche, dont le frottement sur le bord de l'élytre droit produit la stridulation ; *t*, tympan mince et transparent de l'élytre droit.

Le cas des Acridiens est bien différent. On observe, assez rarement et pas chez les meilleurs chanteurs, une nervure un peu épaissie et garnie de faibles tubercules; quelques modifications de la nervation élytrale peuvent aussi présenter des rapports avec la stridulation, sans toutefois approcher de la transformation radicale qu'offre l'élytre des mâles chanteurs de la plupart des Ensifères. Mais, c'est dans le fonctionnement de l'organe stridulant que la différence entre les deux groupes est encore plus marquée. Alors que, chez les Ensifères, le mouvement des élytres est à l'origine de toute production de sons, ces organes restent immobiles chez les Acridiens. Ici, l'organe actif de la stridulation est le fémur de la troisième paire de pattes, qui porte, à sa face interne, une crête saillante formée de petits tubercules, très variables comme nombre et comme forme, rappelant ceux de l'archet des Ensifères (fig. 4). C'est la seule res-

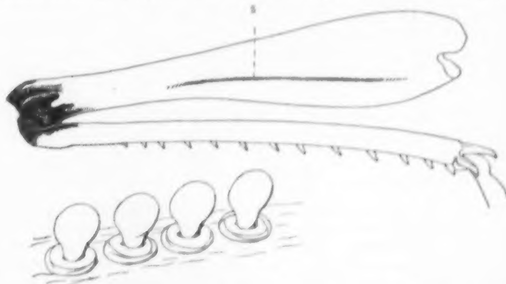


Fig. 4. — *Organe stridulant d'un Acridien* (Stauroderus scalaris).
En haut, la patte postérieure gauche, vue par la face interne, au milieu de laquelle on voit la crête stridulante (*s*) formée d'une ligne de petits tubercules ; au-dessous, quelques-uns de ces tubercules fortement grossis. Le frottement du fémur contre l'élytre produit la stridulation.

1. *Colloque sur l'acoustique des Orthoptères ; compte rendu des réunions tenues au Laboratoire de Physiologie de l'Institut national de la Recherche agronomique à Jouy-en-Josas du 5 au 8 avril 1954*, par René-Guy Busnel. Fascicule hors série des *Annales des Épiphyties ;* 1 vol. 17×25, 448 p. Institut national de la Recherche agronomique, Paris, 1955.

semblance qu'on puisse trouver entre les organes stridulants des deux groupes d'Orthoptères, ressemblance toute superficielle, non seulement par la différence de situation de la crête stridulante, mais parce qu'on a pu montrer que les tubercules des fémurs des Acridiens sont des poils modifiés, ce qui n'est certainement pas le cas des dents de l'archet des Ensifères. C'est par un mouvement de va-et-vient des fémurs postérieurs que la crête stridulante, frottant sur une nervure de l'élytre, produit la vibration. Ce mouvement est très facile à observer sur les petits Acridiens du genre *Chorthippus*, si communs dans nos prairies pendant l'été.

Organes auditifs. — Les organes auditifs ne sont pas plus facilement comparables dans les deux groupes d'Orthoptères. Si la terminaison nerveuse réceptrice, appelée *scolopidium* (fig. 5), est identique dans l'un et l'autre groupe, l'ensemble de ces organes montre à tous points de vue des différences considérables. La situation d'abord est bien différente et assez imprévue pour ce que nous serions tentés d'appeler des oreilles. Chez les Ensifères, cet organe est logé dans le tibia de la première paire de pattes, tandis que chez les Acridiens il siège sur les côtés du premier segment abdominal. Dans un cas comme dans l'autre, il s'agit d'un organe très compliqué, dont on ne peut donner ici qu'une rapide et brève description. Le tibia des Ensifères est perforé d'un ou deux orifices recouverts d'une membrane ou *tympan;* à l'intérieur se trouvent deux cavités séparées par un pilier médian qui porte l'ensemble des terminaisons de deux gros nerfs acoustiques; ces terminaisons sont très nombreuses et divisées en deux séries qui forment la *crête acoustique* et l'*organe subgénual* (fig. 6). Les recherches récentes ont montré que la crête acoustique est sensible seulement aux fréquences sonores élevées, tandis que l'organe subgénual est capable de répondre au contraire aux basses fréquences. Chez les Acridiens, il existe également une cavité recouverte d'un tympan, au fond de laquelle se trouve un appareil acous-

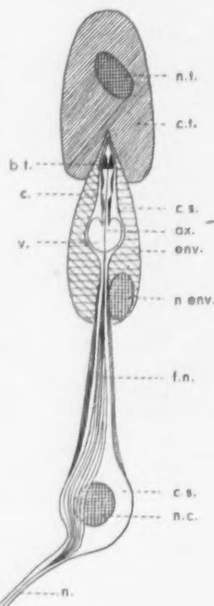


Fig. 5. — *Détail d'un élément nerveux de l'organe acoustique (scolopidium).*
b.t., bouton terminal ; *c.*, corps scolopal ; *ax*, corde axiale ; *env.*, cellule enveloppante ; *c.s.*, cellule sensorielle ; *c.t.*, cellule terminale ; *f.n.*, fibrille nerveuse ; *n.*, nerf ; *n.c.*, noyau de la cellule sensorielle ; *n.env.*, noyau de la cellule enveloppante ; *n.t.*, noyau de la cellule terminale ; *v.*, vacuole.
(D'après Schwabe ; emprunté au *Traité de Zoologie* de P.-P. Grassé, T. IX, Masson, Paris, avec l'aimable autorisation de l'éditeur).

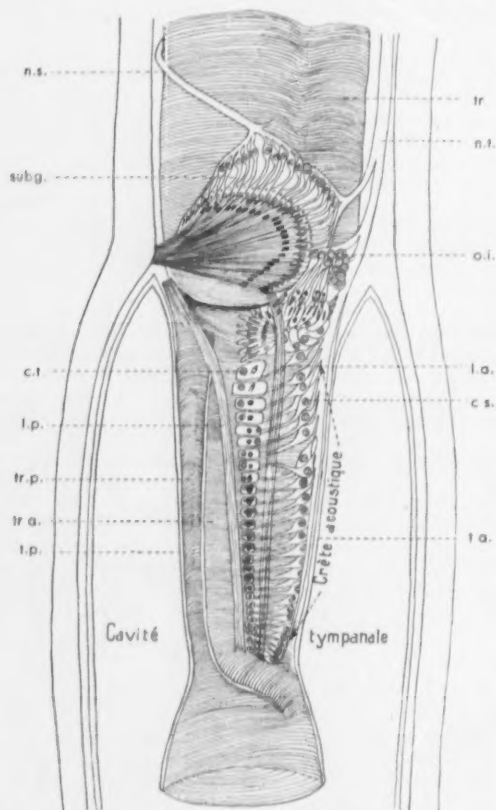


Fig. 6. — *Coupe longitudinale du tibia antérieur d'une sauterelle* (Decticus verrucivorus) *passant par l'organe auditif.*
Les cavités tympanales, communiquant avec l'extérieur par les tympans, sont séparées par un pilier médian qui supporte l'ensemble complexe de l'organe auditif ; dans la partie supérieure, l'organe subgénual (*subg.*) avec son nerf (*n.s.*) ; au-dessous, la crête acoustique innervée par le nerf tympanique (*n.t.*) ; *c.s.*, cellules sensorielles ; *c.t.*, cellules terminales ; *l.a.*, ligament antérieur ; *l.p.*, ligament postérieur ; *o.i.*, organe intermédiaire ; *t.a.*, tympan antérieur ; *t.p.*, tympan postérieur ; *tr.*, trachée principale ; *tr.a.*, trachée antérieure ; *tr.p.*, trachée postérieure (D'après Schwabe ; *Traité de Zoologie*, T. IX, Masson, Paris).

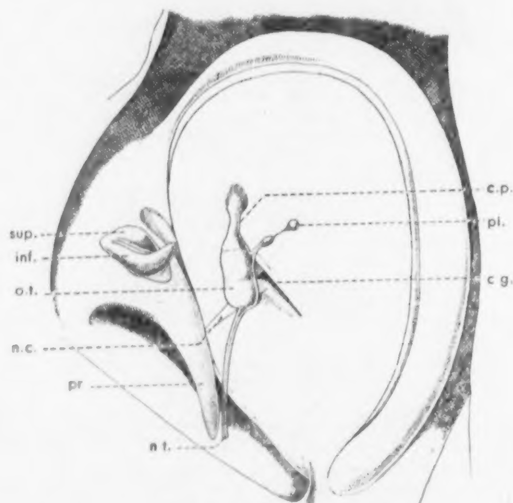


Fig. 7. — *Organe auditif d'un Acridien* (Mecostethus grossus) *vu par la face interne, montrant les petites pièces sclérifiées qui unissent le tympan à l'organe sensitif proprement dit, placé plus profondément.*
c.g., corps en forme de gouttière ; *c.p.*, corps en forme de poinçon ; *pi.*, corps piriforme ; *n.c.*, nerf du corps en gouttière ; *n.t.*, nerf tympanal ; *o.t.*, organe terminal ; *pr.*, prolongement du champ stigmatifère ; *inf.*, lèvre inférieure du stigmate ; *sup.*, lèvre supérieure (D'après Schwabe, *Traité de Zoologie*, I. IX, Masson, Paris).

tique presque aussi complexe que celui des Ensifères. Mais, chose curieuse, entre le tympan et l'organe sensitif se trouve une série de petites pièces formées par des épaississements de la membrane (fig. 7). Sans même que l'idée d'une comparaison puisse nous effleurer, on ne peut s'empêcher de penser aux osselets de l'oreille moyenne des Mammifères.

Il y a interdépendance entre les organes stridulants et l'organe acoustique. La disparition du premier est assez fréquente, soit chez des espèces à organes du vol très réduits, soit chez des formes dont les élytres ont perdu secondairement l'organe musical; dans tous ces cas, cette disparition entraîne une réduction presque totale des organes de l'audition.

Étude de la stridulation et de l'audition. — La complication des organes de la stridulation et de l'audition chez les Orthoptères donne naturellement une idée de l'importance que doivent avoir ces fonctions dans la biologie de ces insectes. Aussi, la diversité de leur chant a-t-elle été notée depuis plus de cent ans par les entomologistes observateurs. En 1856, un instituteur suisse nommé Yersin a donné la description du chant de différentes espèces et il a cherché à en établir une transcription musicale (fig. 8). Il avait reconnu aussi que le chant montre, dans une même espèce, une certaine variation; par exemple, en présence d'une femelle, le chant du mâle de Grillon des champs prend « une intonation spéciale, ne donnant qu'une note douce, très aiguë et qu'il soutient un peu plus longtemps que celle de son chant habituel »; le chant change également quand deux mâles se trouvent en présence ou lorsqu'on s'approche de l'insecte. Fabre a consacré au chant des Grillons et des Sauterelles quelques pages dans la huitième série de ses *Souvenirs entomologiques*. Il n'a toutefois pas beaucoup approfondi la question et ne semble pas attacher une grande importance à la signification biologique du chant, qu'il considère comme une simple manifestation de bien-être.

Il faut arriver aux travaux du professeur Regen, de Vienne, parus entre 1903 et 1930, pour trouver une étude plus poussée de la question et une véritable expérimentation scientifique. Regen a montré l'importance de la stridulation dans les relations sexuelles des Orthoptères. Il a particulièrement expérimenté sur le Grillon champêtre et sur une Sauterelle assez commune en Europe centrale, le *Pholidoptera aptera*. Particulièrement en ce qui concerne le Grillon, Regen a montré, par un ingénieux système de pièges entourant des mâles, que les femelles, attirées par la stridulation, se dirigent vers ceux-ci; il a même réussi à obtenir une réponse des femelles à un chant du mâle transmis par téléphone.

Quelques années plus tard, le Dr Albrecht Faber, de Stuttgart, travaillant principalement sur les Acridiens, a poussé beaucoup plus loin l'analyse du chant de ces Orthoptères. Par de patientes observations, il est arrivé à montrer que ce chant est bien plus varié qu'on ne le supposait et qu'il prend la forme d'une sorte de langage permettant l'expression de sensations très diverses. Chez les petits Acridiens de nos prairies, il ne reconnaît pas moins de six chants différents. Ce sont le chant spontané ou indifférent, sans signification appréciable; le chant de cour (Werbegesang) émis par un mâle en présence d'une femelle; le chant ou cri de pariade (Paarungsleitung) qui précède immédiatement le saut vers la femelle; le chant de rivalité (Rivalengesang) provoqué par l'arrivée d'un autre mâle pendant le chant de cour; le cri d'alarme (Störungslaut) provoqué par un contact imprévu; enfin, un cri spécial qui est émis immédiatement avant un saut de l'insecte. Bien que ces définitions ne soient pas toujours faciles à appliquer, on peut dire que, dans l'ensemble, la classification de Faber a été confirmée par les auteurs qui l'ont suivi et que le chant des Orthoptères porte des messages spéciaux et constitue presque un langage rudimentaire.

L'étude de l'émission et de la perception des sons produits par l'organe stridulant des Orthoptères a été reprise par un certain nombre de chercheurs, en Allemagne et aux États-Unis surtout; ceux-ci, sans négliger complètement le côté biologique de la question, ont porté leurs efforts principalement sur l'étude physique du chant, ne faisant en cela que suivre l'évolution de l'étude de la phonétique humaine. G. W. Pierce, professeur de physique de Harvard University, a publié, en 1948, un important volume sur le chant des insectes qui peut être considéré comme un résumé des connaissances alors acquises sur ce sujet. Il donne des descriptions et des microphotographies de la nervure stridulante de nombreux Orthoptères américains; il applique en outre, pour la première fois, des méthodes modernes à l'analyse du chant des Orthoptères, par la conversion des vibrations sonores en courant électrique.

Fig. 8. — *Comment Yersin, il y a un siècle, notait la stridulation des Orthoptères.*

Quelques exemples choisis dans le « Mémoire sur quelques faits relatifs à la stridulation des Orthoptères et à leur distribution géographique en Europe » (*Bulletin de la Société vaudoise des Sciences naturelles*) ; — 20, *Chorthippus elegans* ; 21, *Ch. dorsatus* ; 22, *Ch. parallelus* ; 23, *Stenobothrus lineatus* ; 25, *Omocestus viridulus*, *O. ventralis* ; 26, *Chorthippus apricarius* ; 27, *Stauroderus scalaris* ; 28, *Chorthippus biguttulus* ; 29, *Ch. bicolor* ; 30, *Ch. mollis* ; 31, *Myrmeleotettix maculatus* ; 32, *Aeropedellus variegatus*. Il est à noter que Yersin avait su reconnaître par le chant trois espèces très voisines de *Chorthippus* (*biguttulus, bicolor, mollis*) dont l'une a été de nouveau méconnue jusqu'à ces dernières années.

En ce qui concerne les recherches les plus récentes, les chercheurs ont encore perfectionné ces méthodes et ils ont, de plus, largement porté leur effort sur la signification biologique du chant. A cet effet, ils ont dû faire appel à des appareils très modernes, dont l'emploi permet de présenter la question sur un plan tout différent de celui des observations des anciens auteurs, basées sur les très insuffisantes données fournies par l'ouïe humaine. Ces appareils, assez compliqués, composent une chaîne enregistrement-reproduction dont la composition normale est la suivante : microphone, préamplificateur, ligne,

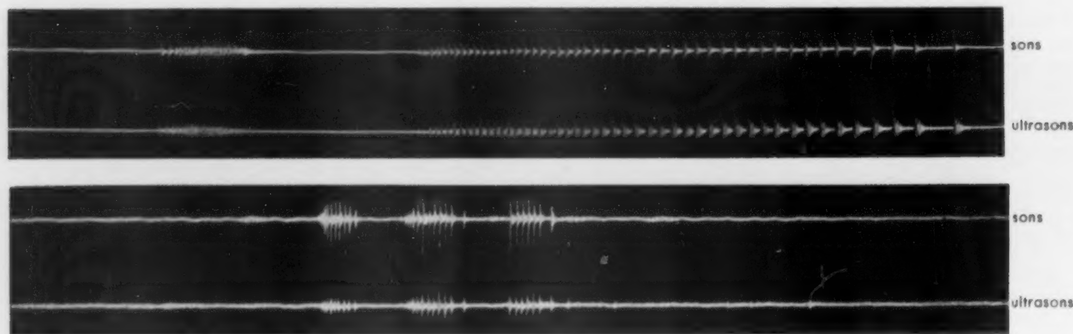


Fig. 9 et 10. — *Oscillogrammes sonores et ultrasonores du chant de deux Ensifères Tettigoniides.*
En haut, oscillogramme d'*Ephippiger bitterensis* ; *en bas,* de *Pholidoptera femorata.* Vitesse de déroulement du film : 100 cm/s.

transformateur d'adaptation, amplificateur et tête d'enregistrement, lecteur et amplificateur de lecture, transformateur d'adaptation, et haut-parleur. L'enregistrement peut se faire naturellement sur disque, mais l'appareil qui a donné les meilleurs résultats est un enregistreur magnétique permettant l'étude des enregistrements à des vitesses différentes de la vitesse normale; la reproduction de l'enregistrement à des vitesses ralenties permet une analyse très poussée du chant, allant jusqu'au train d'ondes de la vibration produite par chaque coup de dent de la râpe stridulante. Pour la retransmission, différents types de haut-parleurs ont été utilisés, mais c'est un haut-parleur ionique, ou ionophone [1], qui s'est montré le plus fidèle, en particulier pour les recherches sur la sensibilité aux fréquences élevées.

L'analyse physique des chants, soit directement, soit après enregistrement, est pratiquée suivant les méthodes d'étude des fréquences et des mesures d'intensité. En principe, un microphone transforme les ondes sonores en énergie électrique; le courant amplifié passe par une lampe dont l'intensité lumineuse varie avec la tension électrique, elle-même fonction de la fréquence et de l'intensité du chant; un film sensible déroulé devant la lampe enregistre les variations. La fréquence ou hauteur de son est notée en herz, mesure qui représente une période par seconde. L'intensité sonore est appréciée en décibels, grâce à un décibelmètre spécialement construit pour mesurer les ultrasons. Enfin, l'établissement d'oscillogrammes au moyen d'un oscillographe cathodique permet l'étude et la comparaison des sons enregistrés (fig. 9 à 12).

Les résultats de ces recherches sont encore fragmentaires. Elles ont permis de déterminer la grande sensibilité de l'organe tympanique des Orthoptères aux ultrasons. Les mesures très précises que donnent ces méthodes modernes ont montré que certains Orthoptères peuvent percevoir des sons de fréquences atteignant 25 000, 45 000 et même 90 000 Hz. On sait que les sons audibles pour l'oreille humaine vont de 30 à 2 000 Hz. En revanche, la limite inférieure des sons perçus par les Orthoptères semble assez élevée; chez les Grillons, la sensibilité aux basses fréquences se placerait vers 300 Hz. Ces limites de sensibilité paraissent assez bien correspondre aux fréquences d'amplitude maximum des spectres d'émission.

Sens biologique de la stridulation. — En ce qui concerne le sens biologique de la stridulation des Orthoptères, de nombreuses observations ont été faites sur la position des insectes pendant le chant, sur les lieux et horaires d'émission, sur les territoires de chant, etc. Les conditions locales de température et de microclimat ont été soigneusement notées, les insectes étudiés et filmés pendant le chant; les microphones nécessaires à l'enregistrement étaient posés sur le sol avec un support isolant ou suspendus au-dessus de l'insecte par un bras métallique. Autant que possible, les observations ont été faites sur des insectes dans la nature ou, tout au moins, gardés en captivité dans des conditions qui se rapprochent des conditions naturelles. L'enregistrement des chants dans la nature est souvent difficile et troublé par de nombreux parasites; ainsi, dans la

1. Voir : L'ionophone et la production de sons audibles par rencontre d'ultrasons dans l'air, par Fernand Lot, *La Nature*, mai 1954, p. 184.

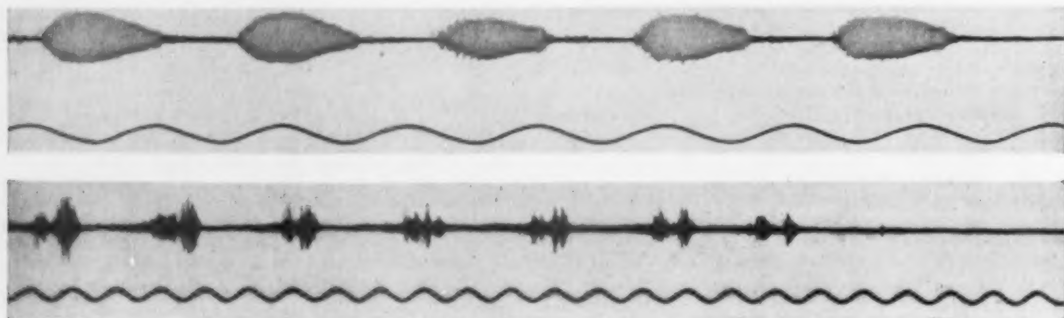


Fig. 11 et 12. — *Oscillogrammes du grillon* Œcanthus pellucens *(en haut)* ***et de l'Acridien* Locusta migratoria** *(en bas).*
Vitesse de déroulement du film : *en haut,* 100 cm/s ; *en bas,* 37 cm/s *(Documents aimablement communiqués par* Mme Busnel*).*

région de Montpellier, Mme Busnel a dû renoncer à tout enregistrement du chant diurne des grillons, celui-ci étant couvert par l'incessante stridulation des cigales. Dans l'ensemble, ces recherches confirment et complètent certaines données antérieurement acquises, par les travaux de Faber et de Regen en particulier, mais bien d'autres points ont été abordés, souvent avec succès. La signification sexuelle de la stridulation et l'attraction des femelles par le chant du mâle, déjà signalées par Regen pour le grillon champêtre, ont été confirmées et étendues à un certain nombre d'espèces. Dans le même ordre d'idées, Mme Busnel a montré, par des marquages, que les mâles du grillon *Œcanthus pellucens* se déplacent fort peu et occupent un territoire un peu comparable à celui des oiseaux; toutefois l'insecte défend moins vigoureusement son territoire contre l'approche des autres mâles.

On a montré aussi que les organes tympaniques des Ensifères et des Acridiens sont parfaitement capables de déterminer la direction des bruits perçus; des sons de même intensité provenant de points différents sont perçus sous des intensités différentes. Cette aptitude à reconnaître la direction joue un rôle très important dans l'orientation de l'insecte vers la source sonore. Particulièrement en ce qui concerne les Ensifères, qui possèdent deux tympans situés de part et d'autre de chaque tibia antérieur, l'orientation est réalisée par l'activité de ces organes. La sauterelle se dirige en tournant la patte située du côté de la source jusqu'à ce que l'intensité du son perçu diminue soudainement; la patte symétrique, plus éloignée de la source, poursuit son mouvement plus longtemps; les deux mouvements combinés amènent l'insecte à se tourner vers le point d'où vient le son.

On peut encore signaler l'étude des chants dits de conversation, au cours desquels les insectes semblent se répondre, à la façon des chiens, la nuit, dans un village. Un mâle prend l'initiative, il est désigné comme « leader » par les auteurs anglo-saxons; un ou plusieurs autres lui répondent presque avec synchronisme. Enfin, un intérêt tout particulier a été porté par M. et Mme Busnel à la réponse de certains Orthoptères à des signaux naturels et retransmis par l'ionophone, ainsi qu'à l'action de signaux artificiels réactogènes, en particulier des signaux produits par le sifflet de Galton, avec réglage entre 4 000 et 16 000 Hz. On obtient ainsi de fréquentes réponses et des déplacements en direction du son produit, lequel peut d'ailleurs être complètement différent du chant normal de l'espèce. On a même envisagé la possibilité de l'emploi de ces méthodes dans la lutte contre les Acridiens migrateurs. Renouvelant l'exploit de Hans le joueur de flûte, on attirerait ces dévastateurs vers des points où leur vie et leur reproduction seraient impossibles. Il s'agit jusqu'à présent d'une simple idée, dont l'avenir dira ce qu'on peut en attendre, et qui trouve cependant un certain appui dans le résultat d'expériences analogues faites avec des oiseaux.

Lucien Chopard,
Professeur au Muséum.

Le dépeuplement des montagnes françaises

Dans une excellente note de la revue *Population* (n° 2 de 1955, p. 352-358), M. X. Lannes, à l'aide des données statistiques du recensement de 1954, apporte de remarquables éléments à l'étude du dépeuplement des zones montagneuses françaises; ou, plus exactement, du dépeuplement de certaines zones montagneuses. C'est un fait bien connu que les Vosges, le Jura, les Alpes du Nord manifestent une vitalité démographique en opposition flagrante avec le recul incessant du Massif Central, des Alpes du Sud et de la plus grande partie des Pyrénées.

M. Lannes compare les chiffres de 1936 et de 1954 (le recensement de 1946 comportant des résultats en partie faussés par la guerre). Ne s'arrêtant pas à une comparaison par département, il cherche les meilleurs critères géographiques et regroupe les communes au sein de petites « régions » à l'individualité incontestable. On s'aperçoit ainsi de l'arbitraire du découpage départemental, et même du découpage des arrondissements à l'intérieur de chaque département. Il arrive en effet que la population globale d'un département ait augmenté, alors qu'en réalité c'est le chef-lieu qui seul en a profité, tandis que les campagnes continuaient à se dépeupler.

Le Massif Central, « pôle répulsif de la France » (voir *La Nature*, janvier 1953, p. 1), se dépeuple régulièrement : l'accroissement de quelques régions urbaines (Limoges, Clermont-Ferrand, Roanne et Saint-Étienne) est loin de compenser la diminution des zones rurales; certaines de celles-ci accusent des pertes, en dix-huit ans, dépassant parfois 20 pour 100 (Montagne limousine, Monts du Livradois, Gévaudan, Cézalier, Aubrac, Haut-Velay); le record est détenu par le Causse Noir (— 27,6 pour 100). De nombreuses autres régions défavorisées, sans industries, aux communications difficiles, enregistrent une diminution moins sensible, mais ininterrompue : c'est le cas de la Marche, des montagnes auvergnates, des plateaux du Velay, du Haut-Vivarais, des Cévennes et des Causses, du Rouergue, de la Montagne Noire... La densité par km² tombe parfois à des chiffres catastrophiques : 10 dans la Margeride, 14 dans l'Aubrac, 9 sur le Causse Méjean, 8 sur le Larzac. Au total, sur 68 000 km², le Massif Central perd en dix-huit ans près de 200 000 âmes. Il y a là de quoi justifier les cris d'alarme poussés par J.-F. Gravier sur « le désert français ».

Même phénomène, plus accentué encore, dans les Alpes du Sud. Ici, le climat sec, le ravinement des pentes, la pauvreté des sols, le relief compartimenté ne suffisent pas à expliquer la dépopulation incessante : le manque de coopération paysanne, l'insuffisance de l'équipement touristique (sous le plus beau ciel de France !) et l'oubli des pouvoirs publics entraînent un exode aggravé de décennie en décennie; le départ des uns encourage le départ des autres, et les villages abandonnés bientôt ne se compteront plus.

Le Dévoluy perd, de 1936 à 1954, un quart de sa population, les Baronnies 15 pour 100, le plateau de Vaucluse 11 pour 100, le plateau de Valensole 14 pour 100, les Plans de Provence 17 pour 100, le Queyras 23 pour 100, l'arrière-pays de Nice 23 pour 100 également. Malgré les quelques gains enregistrés par la vallée de la Durance, le Gapençais et, chose plus extraordinaire, par les Préalpes de Digne, les Alpes du Sud accusent une diminution totale de 20 400 habitants, soit 6,4 pour 100. Leur densité générale tombe à 14 par km².

En ce qui concerne les Pyrénées, il faut signaler les pertes énormes subies par la partie centrale de la chaîne, atteignant 37 pour 100 dans le haut Comminges et 35 pour 100 dans le Couserans ! D'autres chiffres, moins impressionnants, attestent le dépeuplement des Pyrénées basco-béarnaises (11 pour 100), des Pyrénées ariégeoises (9,5 pour 100), du Vallespir (17 pour 100). Au total, diminution de 17 000 âmes, correspondant à 8,2 pour 100; la densité générale tombe à 19.

Devant ces constatations, M. Lannes parle de régions françaises « qui achèvent de mourir ». D'ici quelques dizaines d'années, au milieu de l'indifférence générale, elles seront aussi désertes que la Laponie. Les Français seraient bien inspirés en commençant chez eux l'équipement des régions « sous-développées » de la planète.

P. W.

L'éclairage par fluorescence

1. Bases théoriques

Depuis la dernière guerre, une des caractéristiques les plus frappantes de l'éclairage moderne est le développement considérable des techniques qui utilisent la fluorescence. De nouveaux problèmes, tant scientifiques que pratiques, ont été posés à cette occasion, problèmes dont les usagers ne sont pas toujours exactement informés. Aussi avons-nous pensé qu'une mise au point sur ce sujet serait utile. Dans un premier article, M. Yves Le Grand, professeur au Muséum et à l'Institut d'Optique, président de l'Association française des Éclairagistes, pose les bases théoriques du problème. Les articles suivants, que nous avons demandés à des spécialistes, exposeront les solutions actuelles.

★

Les rayonnements. — L'éclairage n'est qu'une application de l'énergie rayonnante. Il est bien connu que celle-ci revêt deux aspects complémentaires : d'une part, des *ondes* constituées par un ensemble de radiations simples, chacune étant définie par une *longueur d'onde* λ qui pour les rayonnements visibles se situe à peu près entre 0,4 et 0,7 μ (micron ou millième de millimètre); d'autre part, des corpuscules lumineux ou *photons* dont chacun transporte un quantum élémentaire ε d'énergie lumineuse dont la valeur est donnée par l'expression :

$$\varepsilon = 1{,}24/\lambda, \tag{1}$$

la longueur d'onde étant exprimée en microns et l'énergie en *électron-volts*; rappelons que cette unité d'énergie est celle qu'acquiert le corpuscule élémentaire d'électricité ou électron quand on l'accélère avec une différence de potentiel de 1 V. D'après l'expression ci-dessus, les extrémités du spectre visible correspondent sensiblement à 3,1 et 1,8 électron-volt.

C'est une propriété physiologique de la rétine [1] qui confère aux radiations comprises entre 0,4 et 0,7 μ un intérêt particulier, car du point de vue physique elles n'ont aucune vertu spéciale; il est évidemment avantageux pour l'éclairage d'utiliser des sources dont l'émission soit concentrée dans cette région, mais en pratique les sources émettent en plus de la *lumière* proprement dite, constituée par les rayonnements visibles, de l'*ultraviolet* de longueur d'onde inférieure à 0,4 μ et de l'*infrarouge* de longueur d'onde supérieure à 0,7 μ.

Rayonnement thermique. — Lorsqu'une substance quelconque est portée à une température suffisante, elle émet un rayonnement que l'on appelle thermique pour rappeler son origine et qui provient simplement du transfert à des photons d'une partie de l'énergie cinétique d'agitation des atomes ou molécules de la substance; on sait que cette énergie d'agitation croît avec la température et en constitue même une mesure statistique dans l'échelle absolue (échelle centigrade usuelle augmentée de 273°).

Bien entendu, à température donnée, le rayonnement thermique dépend de la substance considérée. Pour simplifier le problème, les physiciens ont imaginé une substance fictive, le *corps noir*, dont l'émission n'est fonction que de la température. Avec une bonne approximation, on peut réaliser un corps noir au moyen d'une enceinte fermée, percée d'un petit trou par où sort le rayonnement; si la surface de ce trou est petite en comparaison de celle des parois de l'enceinte, le rayonnement émis est celui du corps noir à la température de l'enceinte; les lois de ce phénomène ont été établies théoriquement par Planck au début de notre siècle.

Le corps noir émet un rayonnement à *spectre continu*, ce qui veut dire que toutes les longueurs d'onde sont présentes, tout au moins dans un certain intervalle; en toute rigueur, puisque cette source éparpille son énergie entre un nombre infini de radiations simples, chacune d'elles possède une énergie nulle; on ne peut caractériser la *répartition spectrale* de l'énergie entre les longueurs d'onde que par une convention : on découpera l'ensemble des radiations émises de façon à rassembler celles dont la longueur d'onde est comprise entre des valeurs voisines λ et $\lambda + d\lambda$; soit dW l'énergie qui correspond à cet ensemble; on posera :

$$dW = r\,d\lambda,$$

et c'est la fonction r de λ qui caractérisera la répartition énergétique de la source. Par exemple la figure 1 représente r, en valeurs relatives, pour le corps noir à diverses températures, dans le domaine des températures utilisées pour l'éclairage par incandescence; à côté de chaque courbe est écrite la valeur de

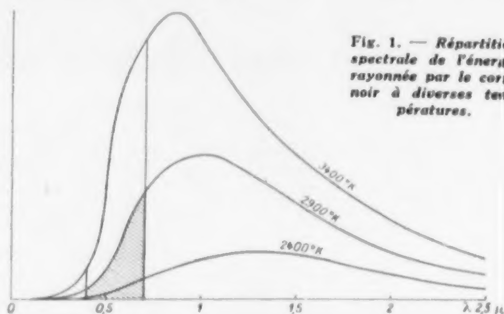


Fig. 1. — *Répartition spectrale de l'énergie rayonnée par le corps noir à diverses températures.*

la température absolue correspondante, ce qui est précisé par la lettre K, initiale de lord Kelvin qui fut un des promoteurs de l'échelle absolue. On voit que l'énergie émise dans le spectre visible (énergie représentée par l'aire hachurée pour la température médiane, sur la figure 1) n'est qu'une faible part de l'énergie totale émise (aire comprise entre la courbe et l'axe des abscisses); le rendement est donc mauvais; pour l'améliorer, il faut augmenter la température, ce qui rapproche du visible le maximum de la courbe; en effet, si on appelle λ_m l'abscisse du maximum, sa valeur est donnée par la loi de Wien :

$$\lambda_m T = 2896,$$

où λ_m est évaluée en μ et T en degrés absolus; ce maximum n'atteint le visible qu'au delà de 4 000° K et aux températures usuelles il est dans l'infrarouge.

Lampes à incandescence. — La plupart de nos sources d'éclairage utilisent le rayonnement thermique : c'est d'abord le cas du soleil, qui émet à peu près comme un corps noir à 6 000° K; dans les sources artificielles anciennes, torches, bougies, lampes à huile ou à pétrole, l'émission était assurée par des particules de carbone portées à haute température dans la flamme et qui, elles aussi, rayonnaient sensiblement comme un corps noir; dans les lampes à incandescence, le filament de

1. Voir *La Nature*, n° 3210, octobre 1952, p. 296.

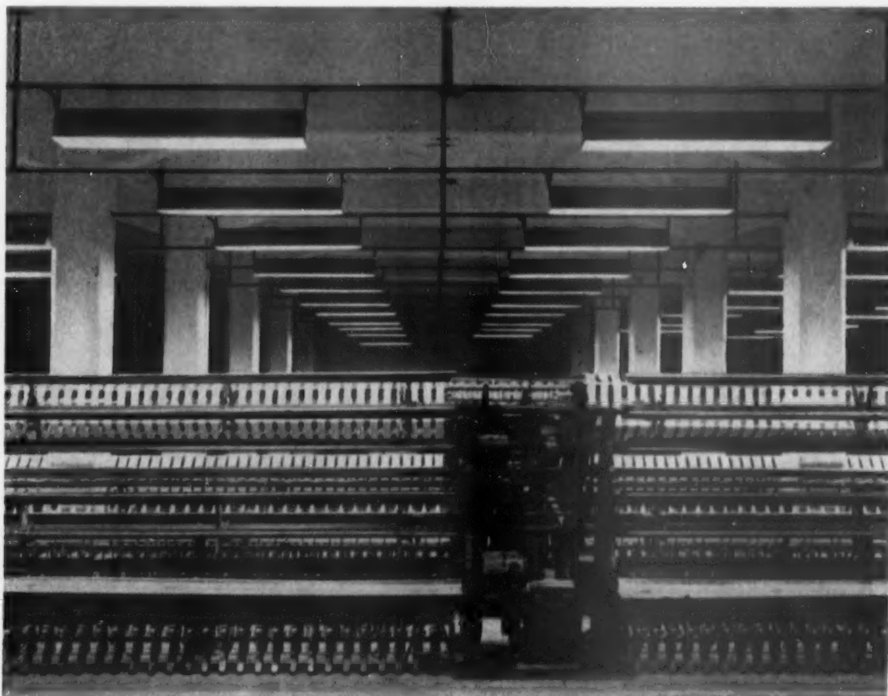


Fig. 2. — *Un bel exemple d'éclairage d'une filature par fluorescence.*
Des réflecteurs profonds en tôle émaillée contiennent des lampes à fluorescence de 1,20 m. L'éclairage est très uniforme et ne présente aucune possibilité d'éblouissement. Éclairement sur les métiers : 180 lux.
(*Photo Philips*).

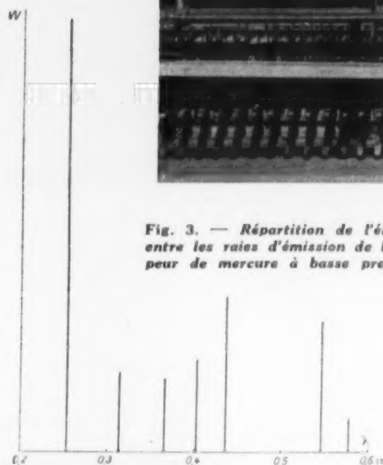


Fig. 3. — *Répartition de l'énergie entre les raies d'émission de la vapeur de mercure à basse pression.*

tungstène est échauffé par le courant et émet encore à peu près comme un corps noir; on appelle *température de couleur* de la lampe celle du corps noir dont la répartition spectrale de l'énergie se rapproche le plus de celle qu'émet effectivement la lampe. Nous avons vu qu'il y avait intérêt à augmenter cette température pour accroître le rendement, mais on est limité par la fusion du filament et même, avant sa fusion, par son évaporation; on peut limiter cet inconvénient en remplissant l'ampoule avec des gaz inertes (en particulier les gaz « rares » de l'air), mais cependant la température de couleur reste relativement basse et le rendement médiocre.

Il serait possible de faire mieux, en théorie, en remplaçant le tungstène par d'autres substances qui s'écartent franchement des lois du corps noir; on pourrait alors concentrer dans le visible l'énergie émise; c'est ce qu'on faisait avec les manchons Auer garnis d'oxydes, dans l'éclairage au gaz; malgré des essais nombreux, la lampe à incandescence n'a pas encore pu utiliser ce principe.

Décharge électrique dans les gaz. — Un deuxième mode de production de lumière consiste à faire passer un courant électrique à travers un gaz, qui devient alors lumineux sans s'échauffer notablement. Le mécanisme de ce phénomène est tout à fait différent de l'émission thermique; le passage du courant à travers le gaz n'est possible que si celui-ci contient des charges électriques (électrons ou ions) qui proviennent du gaz lui-même (ionisation par chocs) ou des électrodes (effet thermo-ionique); la différence de potentiel entre électrodes accélère ces charges et, quand celles-ci ont acquis une énergie cinétique suffisante, elles peuvent transférer par choc une partie ou la totalité de cette énergie aux atomes ou molécules du gaz; dans ce transfert d'énergie, l'énergie d'un des électrons périphériques de l'atome est accrue de telle sorte que cet électron passe d'une orbite stable à une autre orbite « métastable »; on dit alors que l'atome (ou la molécule) de gaz est dans un état *excité*; il n'y reste habituellement qu'un temps assez court, une faible fraction de seconde, et retourne de lui-même à son état stable en perdant l'énergie d'excitation sous la forme d'un photon dont la longueur d'onde est donnée par l'expression (1), si ε représente la différence d'énergie de l'électron entre les deux états considérés.

Du fait de la *quantification* de l'énergie des électrons périphériques des atomes, les valeurs de ε sont bien déterminées et par conséquent aussi celles de λ : la lumière émise possédera donc un *spectre discontinu* ne comprenant qu'un nombre fini de radiations simples, séparées par des intervalles vides. La description de la lumière émise est alors plus aisée que dans le cas d'un spectre continu : il suffit de dresser la liste des radiations émises avec, pour chacune, l'énergie W qui lui correspond. A titre d'exemple, la figure 3 représente le spectre d'émission de la vapeur de mercure, dans des conditions données de pression et d'excitation électrique; on voit que la plus grande partie de l'énergie rayonnée l'est dans l'ultraviolet par la raie dite de *résonance* dont la longueur d'onde est 0,254 μ.

Ce mode de production de la lumière possède sur le rayon-



Fig. 4. — *Éclairage intensif réalisé au « Printemps » à Paris par un large emploi de la fluorescence.*
Des tubes de 1,50 m de longueur sont encastrés dans le plafond et dissimulés à la vue par des grilles « Paralumes » en matière plastique. L'éclairement moyen est de 1 500 lux sur les comptoirs de vente (*Photo Mazda*).

nement thermique l'avantage d'une plus grande souplesse : au lieu d'une émission qui ne dépend, pratiquement, que de la température, on dispose ici de l'infinie variété des gaz et de leurs conditions d'excitation qui agissent aussi sur le spectre; par exemple, si au lieu d'employer la vapeur de mercure à faible pression et faible densité de courant comme dans le cas qui correspond à la figure 3, on utilise de grands courants et des pressions élevées, on obtient, outre un élargissement des raies et un accroissement de l'énergie émise dans le visible, l'apparition d'un spectre continu superposé au spectre discontinu.

C'est à M. Georges Claude que revient l'idée, dans les premières années de notre siècle, d'utiliser la décharge électrique dans les gaz comme source d'éclairage; nos lecteurs se rappellent les enseignes lumineuses apparues il y a plus de trente ans, et où la lumière rouge du néon, la lumière rosée de l'hélium, la lumière bleu verdâtre du mercure dessinaient sur nos murs des féeries de couleurs. Mais en contre-partie, la technique électrique de ces tubes était beaucoup plus compliquée que celle des lampes à incandescence : celles-ci se stabilisent toutes seules grâce à la loi d'Ohm (proportionnalité du courant et de la tension), tandis que le tube à décharge est instable et nécessite des artifices pour arriver à l'équilibre; en outre, dans ces premières réalisations, les tensions nécessaires étaient élevées, plusieurs milliers de volts parfois, d'où des dangers évidents.

Ces tubes eurent un grand succès pour la publicité, mais, malgré des recherches nombreuses, on ne put trouver aucun gaz dont l'émission fût suffisamment « blanche » pour servir à l'éclairage; les meilleurs résultats furent obtenus en conjuguant le néon et le mercure. Mais ce n'était encore qu'un stade imparfait dans la réalisation d'une source vraiment satisfaisante.

La fluorescence. — Lorsqu'on soumet certaines substances à un rayonnement qu'elles absorbent, elles émettent de nouvelles radiations dont la longueur d'onde diffère de celles des radiations excitatrices; on désigne ce phénomène par le mot *luminescence*, et on distingue deux cas, appelés respectivement *fluorescence* et *phosphorescence*, selon que le rayonnement émis s'éteint ou non en même temps que l'excitation; en réalité, il se manifeste toujours une certaine persistance et cette distinction est moins tranchée qu'elle n'en a l'air. Quant au mécanisme de ces effets, il est très complexe dans le détail et, par exemple, les impuretés contenues même à l'état de traces dans la substance luminescente agissent d'une façon considérable; en gros, on peut invoquer une conception analogue à celle de l'excitation électrique (molécules portées à l'état excité par absorption d'énergie et revenant à l'état stable avec émission de photons).

En 1852, le physicien Stokes constata que la longueur d'onde de la lumière émise était toujours plus grande que celle de la radiation excitatrice, ce qui est conforme à l'équation (1) puisque la variation d'énergie ε de la molécule ne peut que diminuer entre l'absorption et l'émission; en réalité, quand les spectres d'absorption et d'émission sont tous deux continus, la loi ne s'applique qu'aux maxima de ces spectres, qui peuvent chevaucher partiellement.

De la loi de Stokes résulte immédiatement la possibilité de transformer en lumière visible, par fluorescence, certaines radiations ultraviolettes, en particulier la raie de résonance du mercure qui est émise avec tant de facilité. Cette idée est très ancienne, mais sa réalisation pratique fut difficile; il en est de l'invention de l'éclairage par fluorescence comme de celle

de la lampe à incandescence : Edison n'est certes pas le premier à avoir voulu utiliser l'effet Joule du courant électrique, traversant un filament placé dans le vide, pour produire de la lumière, mais c'est tout de même du 21 octobre 1879 que date la naissance, à Menlo Park, de la première lampe utilisable, ayant une durée de vie commerciale. De même on peut dater la naissance du tube fluorescent industriel de cette séance du 27 novembre 1933 où Georges Claude présenta à l'Académie des Sciences un tube à décharge, contenant un mélange de vapeur de mercure et de gaz rares, et enduit intérieurement d'un sulfure de zinc fluorescent; pendant plusieurs milliers d'heures, ce tube émettait sans atténuation sensible une lumière blanche avec un rendement meilleur que les lampes à incandescence.

Ce tube avait été réalisé par un jeune neveu de Georges Claude, André Claude, qui était depuis 1928 son collaborateur dans tout ce qui touchait à l'éclairage.

Depuis cette date historique, l'éclairage par fluorescence a connu un étonnant développement. En 1936, André Claude améliora la couleur par un choix judicieux de substances fluorescentes et réalisa une alimentation en basse tension, ce qui ouvrait à la nouvelle source d'innombrables débouchés. En 1937, le Salon de l'Automobile fut éclairé exclusivement par fluorescence et en 1939, à l'Exposition de New-York, une fresque décorative réalisée en tubes fluorescents de teintes diverses conquit le Nouveau Monde.

Le promoteur de ces progrès, André Claude (fig. 5), vient de disparaître, enlevé en pleine activité. Il laisse dans l'histoire de l'éclairage un nom de grand technicien et de grand industriel, nom que l'avenir placera sans soute au même rang qu'Edison et que les autres précurseurs et réalisateurs de génie.



Fig. 5. — *André Claude (1900-1955), ancien président de l'Association française des Éclairagistes.*

La croisade contre la fluorescence. — Chaque fois qu'apparaît une nouvelle technique d'éclairage, les esprits chagrins lui attribuent les pires méfaits; la lampe à huile avait eu ses détracteurs, puis l'éclairage au gaz; quand apparut la lampe à incandescence, elle fut accusée de rendre aveugles en peu de mois ceux qui travailleraient à sa lumière. Bien entendu, l'éclairage par fluorescence n'a pas échappé à ces anathèmes, et comme il est le dernier en date, c'est aussi celui pour lequel la campagne de dénigrement a laissé des échos qui ne sont pas encore tout à fait éteints.



Fig. 6. — *Exemple d'éclairage décoratif par lampe à fluorescence dans un appartement.*

La source lumineuse, dissimulée derrière une corniche verticale, met en valeur les objets placés sur la cheminée. S. [illegible], décoratrice.

(*Photo* S. Bonos).

Parmi les reproches contre la fluorescence qu'on a entendus et qu'on entend encore parfois, il en est de puérils : ainsi, au début de la fabrication des tubes, on employa parfois des composés de béryllium dans la confection des enduits fluorescents; or le béryllium est toxique; évidemment, il ne fallait pas avaler des morceaux d'enduit provenant d'un tube cassé, mais ce danger semble bien théorique; d'ailleurs, le béryllium n'est plus en usage dans l'industrie des tubes.

Un second genre d'arguments, déjà moins fantaisiste, s'adresse à la composition de la lumière émise par les tubes; le spectre de la lumière émise, qui sera étudié dans un prochain article, présente souvent plusieurs maxima dans le visible; on en avait déduit parfois que, tel l'âne de Buridan, l'œil serait tiraillé entre plusieurs accommodations possibles, vu son aberration chromatique. En réalité, aucune expérience n'étaie cette idée *a priori*, qui est maintenant abandonnée.

Une troisième critique vise le rayonnement ultraviolet de la vapeur de mercure, qui traverse en très faible proportion le verre du tube; les biologistes savent en effet qu'une forte dose d'ultraviolet cause des conjonctivites (picotement des yeux, larmoiement, rougeur, congestion des vaisseaux, etc.). Mais la quantité d'ultraviolet qui sort des tubes est si minime qu'il faudrait une station prolongée à très faible distance d'un tube nu pour que l'irritation de la conjonctive commence; une telle utilisation est en opposition formelle avec les préceptes d'un bon éclairage.

Le seul argument qui puisse subsister en partie est relatif aux fluctuations périodiques de la lumière émise par les tubes

fluorescents. L'alimentation en courant alternatif à 50 périodes donne une lumière qui oscille avec la fréquence 100 entre un maximum et un minimum ; cela se produit aussi pour les lampes à incandescence, mais l'inertie thermique du filament atténue ces oscillations, comme d'ailleurs la rémanence de la fluorescence dans l'enduit des tubes. En général, ce papillotement à 100 périodes par seconde n'est pas perçu ; ce que l'on constate parfois, sur certaines installations anciennes ou défectueuses, est une fluctuation à la fréquence 50 due à une dissymétrie entre les électrodes ; le tube doit alors être remplacé. Il n'est cependant pas impossible que, dans certaines conditions extrêmes, le papillotement à fréquence 100 soit perceptible, en particulier si le tube est alimenté par des accessoires de qualité médiocre, la courbe de courant s'écartant alors beaucoup de la sinusoïde ; d'où le conseil de n'employer que du matériel excellent ; l'économie qu'on réalise en lésinant sur le fer et le cuivre des circuits est illusoire. D'ailleurs, si on désire supprimer toute fluctuation de l'éclairage pour certaines applications, par exemple dans les ateliers où tournent des machines et où on veut éliminer tout risque d'effet stroboscopique, on peut jumeler les tubes par deux ou trois, en établissant entre eux des déphasages tels que la lumière soit pratiquement constante en fonction du temps.

Il faut reconnaître que, malgré tout, certains sujets se plaignent de l'éclairage par fluorescence ; il est probable qu'il s'agit soit de personnes mal corrigées (surtout de l'astigmatisme), soit de cas de photophobie où la rétine ne supporte pas de vives lumières ; or les installations modernes réalisées grâce à la fluorescence comportent généralement des niveaux d'éclairement plus élevés que les installations anciennes ; cela satisfait tout le monde, sauf justement les sujets photophobes ; on ne peut que conseiller à ceux-ci d'atténuer par des verres absorbants le niveau lumineux qui les gêne.

Enfin il faut faire remarquer que la plupart des critiques adressées aux premières installations de fluorescence étaient fondées : la technique était dans l'enfance ; les tubes placés au petit bonheur, sans protection, éblouissaient les usagers qui s'en plaignaient avec raison. Aucun éclairagiste digne de ce nom ne fait actuellement d'erreurs de ce genre.

Peu à peu, les critiques adressées à la fluorescence s'éteignent ; les pouvoirs publics, au début réticents, ont admis que cet éclairage était inoffensif quand il était employé suivant les règles de l'art. A la demande du Ministère de l'Éducation nationale, l'Académie de Médecine a, l'an passé, conclu dans ce sens et, dans un règlement publié en février 1955, la fluorescence est officiellement autorisée pour l'éclairage des écoles françaises. Il y a belle lurette qu'on l'employait à l'étranger pour cet usage, mais, comme dit le proverbe, nul n'est prophète en son pays.

(*à suivre*).

Yves Le Grand,
Professeur au Muséum,
Président de l'Association française des Éclairagistes.

Magnétomètre miniature à effet Hall

Dans l'industrie comme au laboratoire il peut être intéressant de mesurer des champs magnétiques d'intensité comprise entre 1 et 10 000 gauss, c'est-à-dire une gamme qui recouvre les champs réalisés dans l'entrefer des aimants usuels. On utilise habituellement pour ce faire des fluxmètres, appareils qui mesurent la variation de flux d'induction à travers une bobine placée successivement dans le champ, puis hors du champ. Outre que la nécessité de déplacer la bobine peut être gênante, il est difficile de construire une tête de mesure de dimensions vraiment réduites. La technique prometteuse des semi-conducteurs a permis de réaliser un magnétomètre dont la tête pénètre aisément dans un volume de $8 \times 8 \times 2$ mm^3. L'intensité du champ mesuré est proportionnelle à une tension que l'on peut lire directement au millivoltmètre. Le principe de ce remarquable petit instrument est fondé sur l' « effet Hall », phénomène secondaire, relativement peu connu, de l'action d'un champ magnétique sur un courant.

L'effet Hall. — Il est bien connu qu'un champ magnétique exerce sur un conducteur parcouru par un courant une force proportionnelle à l'intensité du champ, à l'intensité du courant et à la longueur du conducteur : cette force fait tourner nos moteurs électriques. Depuis l' « invention » des électrons, particules matérielles portant une charge électrique $e = -1{,}60 \cdot 10^{-19}$ coulombs, nous savons que cette force est la résultante d'efforts élémentaires exercés par le champ sur les électrons en mouvement. Si le champ magnétique est perpendiculaire à la vitesse v de l'électron, la force f est perpendiculaire au champ et à la vitesse (fig. 1) : $f = Hev$; f dévie le faisceau d'électrons des tubes cathodiques de télévision (déflection magnétique) et aussi les électrons en mouvement dans un conducteur, accumulant ainsi les charges négatives sur une des faces de l'échantillon. Cette accumulation ne peut durer indéfiniment : on atteint un état d'équilibre dans lequel la force magnétique est compensée par la force électrostatique

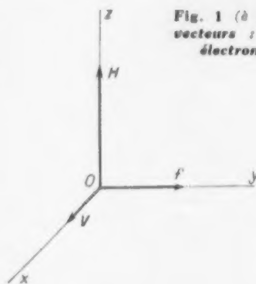


Fig. 1 (*à gauche*). — ***Disposition spatiale des vecteurs : champ magnétique H, vitesse des électrons v et force électromagnétique f.***

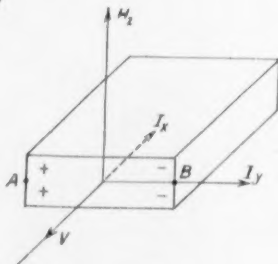


Fig. 2 (*à droite*). — ***Disposition spatiale des vecteurs : champ magnétique H_z, intensité I_x et champ électrique de Hall E_y.***

associée à cette distribution de charges. Si E_y est le champ électrique transversal (fig. 2), il faut que $eE_y = Hev$ (v est la vitesse moyenne des électrons, proportionnelle au champ électrique E_x, c'est-à-dire à la tension appliquée aux bornes de l'échantillon). On écrit habituellement : $v\,(\text{cm/s}) = \mu E\,(\text{V/cm})$, où la *mobilité* μ peut s'exprimer en cm^2 par seconde et par volt. Dans ces conditions le champ transversal est lié au champ longitudinal par la relation $E_y/E_x = \mu H$, μ et H étant exprimés dans un système d'unités cohérent.

Application à la mesure des champs magnétiques. — On déduit immédiatement de ce phénomène le principe d'un magnétomètre, pourvu que le rapport du champ E_y au

champ E_z soit de grandeur convenable. Ce n'est pas le cas pour les métaux usuels : la mobilité μ est faible (50 cm_2/Vs), la résistivité est petite (de l'ordre de 10^{-6} Ωcm), ce qui entraîne l'impossibilité de réaliser un champ longitudinal E_x important. E_y est donc très petit : l'effet Hall est un phénomène vraiment secondaire pour les métaux. Il n'en est pas de même pour les cristaux semi-conducteurs. Ces corps sont caractérisés par le très petit nombre d'électrons susceptibles de prendre part au transport d'électricité. La mobilité des électrons y est grande (3 600 cm^2/Vs dans le germanium) et néanmoins la résistivité est forte (1 Ωcm). Dans ces conditions, l'effet Hall est dans un ordre de grandeur intéressant pour mesurer le champ magnétique : un courant de 10 mA circulant dans un échantillon de $6 \times 3 \times 0{,}5$ mm^3 de germanium assez pur donne lieu entre deux contacts A et B, situés sur les deux faces $6 \times 0{,}5$, à une tension transversale de 10 microvolts par gauss.

Il est nécessaire que la tension résiduelle, en l'absence de champ magnétique entre les contacts A et B, soit aussi faible que possible, de l'ordre de quelques microvolts. Il faudrait pour cela placer A et B à 0,01 μ près sur la même surface équipotentielle, ce qui est naturellement impossible. Un dispositif doit donc être prévu, permettant d'ajuster le zéro de l'appareil. Pour cela, on applique la tension aux bornes de l'échantillon par trois contacts C, D, E. En modifiant la tension relative de C et D à l'aide d'un potentiomètre peu résistant, on déforme la surface équipotentielle à l'intérieur du conducteur (fig. 3).

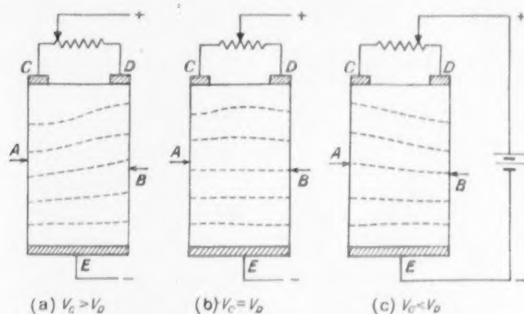


Fig. 3. — *Forme des surfaces équipotentielles à l'intérieur du spécimen pour trois réglages du potentiomètre.*
Le réglage est correct pour la figure 3 *c*.

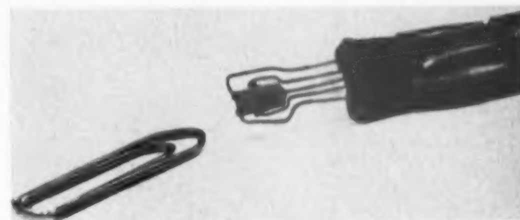


Fig. 4. — *Magnétomètre à effet Hall.*
L'attache-lettres, à gauche, donne l'échelle.

Outre la mesure de champs magnétiques dans un grand intervalle d'intensité, on a signalé la possibilité de mesure différentielle des variations du champ dans de très petits volumes. Il suffit en effet de régler la tension transversale au zéro dans le champ H_0 qui règne au point O choisi pour origine : l'appareil indique les variations $H - H_0$. Enfin le magnétomètre à effet Hall mesure en grandeur et en signe la composante du champ suivant l'axe O_z perpendiculaire à AB et CE; il permet donc de déterminer la direction du champ.

Pierre Versois.

Les Eskimos du Groënland

La célèbre complainte qu'a popularisée la musique de Gounod (« Il était un roi de Thulé ») a fourni le titre original d'un excellent ouvrage de M. Jean-Noël Malaurie (1). Las de mener la vie des géographes en chambre, l'auteur a décidé un jour d'abandonner l'austère Sorbonne et de partir pour l'aventure groenlandaise. Son but était l'étude de ce lointain pays, peu connu des Français, malgré les campagnes du commandant Charcot avant la guerre dans ses parages solitaires. Après avoir participé aux expéditions P.-E. Victor de 1948-1949, Malaurie retourne au Groenland en 1950. Tout seul cette fois, il va, durant une longue année, mener la vie des Eskimos polaires de la région la plus septentrionale du pays. Il lève la carte d'immensités désertes, prend d'innombrables notes sur les sujets les plus divers intéressant la géographie physique et humaine, vit comme les indigènes qui l'accompagnent et l'adoptent comme un des leurs. L'expérience unique qu'il a poursuivie, il nous la livre intacte, toute chaude, peut-on dire, dans son livre passionnant.

Les savants seront peut-être déçus de ne trouver qu'un aperçu rapide des problèmes de recherche. Malaurie leur donnera satisfaction bientôt, dans un ouvrage de haute tenue scientifique, où il exposera les résultats de ses travaux. Déjà, de nombreux articles ont paru qui témoignent du remarquable effort entrepris (voir *Geographia*, *Norois*, les *Annales de Géographie*, etc.). En s'attelant au difficile (et très neuf) travail de comparaison entre les traits géographiques des pays arides, l'auteur a été amené à séjourner au Hoggar entre deux campagnes au Groenland. Il faut rendre hommage au courage dont il a fait preuve, à la volonté qui l'a soutenu. *Les rois de Thulé* sont, à ce titre, un témoignage humain de première valeur.

Le récit coloré de la vie de tous les jours forme la trame de l'ouvrage. Ce n'est ni un roman, ni un documentaire, mais un recueil d'impressions vécues qui intéresseront le géographe comme le naturaliste, l'ingénieur comme le médecin, et tout « honnête homme » soucieux de culture. Le ton adopté est simple, mais alerte, vivant. Les faits rapportés sont riches, pittoresques, passionnants ; une pointe d'humour vient parfois faire sourire le lecteur. *Pissortout*, « ne sommes-nous pas des hommes ? », le juron eskimo favori revient souvent, mettant dans toute conversation une savoureuse couleur locale. Avec Malaurie, nous traversons la banquise, nous passons l'hiver redoutable dans les igloos (où un ours faillit une nuit le dévorer) et dans les villages eskimos aux festins interminables et imprévus.

Chemin faisant, il y a à glaner une multitude d'observations inédites : les ethnologues surtout se réjouiront d'être renseignés sur le folklore eskimo du Grand Nord, les usages, la langue (extraordinairement difficile), les légendes transmises par les générations d'ancêtres... Les géographes se familiariseront, au moins par la lecture, avec le climat polaire, la tempête de neige, le vent aveuglant qui ronfle pendant des jours... Il faudrait citer, presque à chaque pas, un fait à retenir. Et la riche illustration aide à la compréhension rapide d'un texte remarquablement dense et précis : nombre de figures donnent un exemple de ce que devrait posséder tout livre de ce genre.

Mais l'auteur a encore autre chose à nous dire : il fut le seul Français qui ait assisté à la création, en juillet 1951, de la célèbre base américaine de *Blue Jay*, située aux rivages glacés de l' « ultima Thulé ». Et le contraste qu'il dépeint, en terminant, entre le genre de vie traditionnel des Eskimos, basé sur la chasse au phoque, au morse, à l'ours et au renard, et la brutale révélation de la civilisation ultra-moderne amorce une évolution psychologique et matérielle considérable : le Danemark se préoccupe du problème.

P. W.

1. *Les derniers rois de Thulé*, par J.-N. Malaurie, 1 vol. 13 × 20, 325 p., 6 cartes, 51 fig., 48 illustrations h. t. Plon, Paris, 1955. Prix : 900 F.

Renouveau de l'Étruscologie

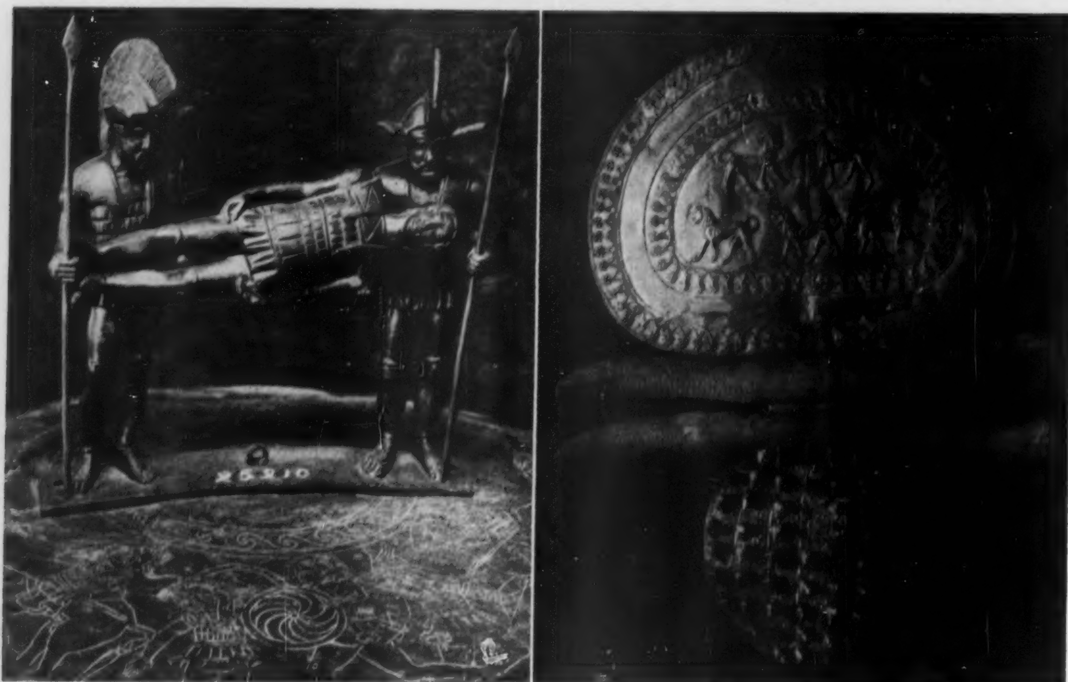


Fig. 1 et 2. — *A gauche* : ***Poignée de ciste en bronze provenant de Palestrina : guerriers transportant un mort (Musée national de la Villa Giulia à Rome).*** — *A droite* : ***Fibule en or du VIIe siècle avant J.-C. provenant d'une tombe de Cerveteri (Musée du Vatican).***

(Photos Franceschi*).*

Sans tomber dans l' « étruscomanie » qui, au xviiie siècle, suivit la découverte des premières tombes de *Tarquinia*, il est certain que le public s'intéresse de façon croissante aux problèmes étrusques. Longtemps regardée comme science de spécialistes, l'étruscologie voit son audience grandir : une remarquable exposition consacrée à l'art étrusque a passionné la Hollande au cours de l'été 1955, avant de se transporter à Paris, puis dans d'autres capitales européennes. La bibliographie de la question étrusque s'allonge : avant la guerre, on ne pouvait guère citer que deux ouvrages écrits en français (1). Depuis quelques années, l'ensemble du problème a été renouvelé, et les livres succèdent aux livres (2). Nous voudrions insister quelque peu sur le plus accessible et l'un des mieux illustrés : *Les Étrusques*, par Mme Cles-Reden (3).

L'origine des Étrusques, qui peuplèrent l'Étrurie et l'Italie centrale avant de succomber devant Rome qu'ils avaient contribué à créer, reste un irritant problème : Étaient-ils autochtones ? Venaient-ils d'Europe centrale ? Abordèrent-ils par mer, venus d'Asie Mineure ? Chaque thèse s'appuie sur des témoignages fort anciens, sur des trouvailles archéologiques. Il semble que la dernière de ces thèses soit la plus vraisemblable, à savoir l'origine lydienne; mais rien ne permet d'en avoir la certitude absolue.

La langue étrusque demeure en effet un mystère pour tous ceux qui ont tenté de la déchiffrer. Tant que ce mystère subsistera, il sera difficile de faire une lumière complète sur le problème étrusque. Les textes que nous possédons sont rares, d'une lecture peu aisée (bandelettes de la momie de Zagreb). Les recherches des linguistes, Schulze, Trombetti, Pallottino, tendent à placer l'étrusque parmi les langues pré-indoeuropéennes, telles que le basque et les dialectes caucasiens. Mais tout rapprochement s'est montré vain dès qu'il s'est agi de comprendre les textes. Des affinités phonétiques avec les langues pré-colombiennes d'Amérique centrale (certains dieux étrusques avaient pour noms *Vatimi*, *Tuchulcha*, *Tanaquil*, *Tequna*) ainsi que des affinités architecturales avec les temples aztèques et mayas ont même conduit à échafauder des hypothèses extraordinaires, à faire intervenir une Atlandide qui aurait servi de « pont » entre ces diverses civilisations... Ce sont là des constructions assez peu vraisemblables.

Sur l'histoire de l'empire étrusque, qui s'étendit des Alpes à l'Italie du Sud, Mme Cles-Reden apporte de vivantes précisions. Il est certain que, sans cet obstacle, les colonies grecques auraient occupé toute la péninsule, au lieu de rester cantonnées en Sicile et en Grande Grèce : on remarque l'hiatus qui sépare Naples de Marseille ou de Nice, toutes fondations helléniques. Mais la puissance étrusque était menacée par son organisation même : au lieu d'un empire solide et centralisé comme le fut plus tard celui de Rome, il n'existait qu'une fédération aux liens assez lâches.

1. B. Nogara : *Les Étrusques et leur civilisation*, Payot, Paris, 1935 ; P Ducati : *Le problème étrusque*, Paris, 1937.
2. M. Pallottino : *La civilisation étrusque*, Paris, 1949 ; *La peinture étrusque*, Skira, Genève, 1952 ; *L'Art des Étrusques*, Paris, 1955 ; R. Bloch : *Les Étrusques*, Plon, Paris, 1954.
3. Mme S. Cles-Reden : *Les Étrusques*, 1 vol. 16×21, 234 p., Arthaud, Paris, 1955. Prix, broché : 1 890 F ; relié : 2 690 F. Les figures que nous publions ont été empruntées à cet ouvrage avec l'aimable autorisation de l'éditeur.



Fig. 3 et 4. — *A gauche* : ***Entrée d'une tombe à Cerveteri*** (Photo TRINCANO). — *A droite* : ***Détail d'un sarcophage provenant de Cerveteri (Musée du Louvre)*** (Photo FRANCESCHI).

La grandeur économique des cités étrusques, leur puissance maritime, les travaux hydrauliques effectués dans les campagnes (dépeuplées depuis par la malaria) sont fort bien exposés dans le courant de l'ouvrage. On appréciera les notes sur le rôle de la femme, très différent de ce qu'il était en Grèce à la même époque, sur la religion et le culte des morts, sur les découvertes archéologiques qui permettent de restituer le plan des maisons et des villes; sait-on qu'en 1939, sur les 350 ha des fouilles de *Caere* (Cerveteri), une quinzaine seulement avaient été systématiquement prospectés ? Il reste beaucoup à faire, et, peut-on espérer, encore beaucoup à découvrir.

L'art étrusque nous est surtout connu par les objets découverts dans les tombeaux (vases, bijoux), ainsi que par les fresques murales qui les décoraient. Malheureusement, l'humidité dégrade les peintures au bout de quelques années. Les bijoux sont magnifiquement ciselés, et le reflet de l'or poli est souligné par la technique extrêmement poussée de la granulation : des orfèvres allemands ont, il y a quelques années seulement, retrouvé ce secret perdu, qui consiste à souder de minuscules particules d'or sur des plaques de même métal.

Trop souvent, l'art étrusque est considéré comme décadent : en réalité, les lourdes statues dont l' « Étrusque obèse » est le prototype, appartiennent à la basse période, postérieure au IIIe siècle avant notre ère. A la belle époque de la grandeur étrusque, VIe et Ve siècles, des œuvres d'art uniques ont vu le jour : sarcophages aux personnages assis éclairés par un calme sourire, fresques de *Tarquinia* et *Vulci*, Apollon de Véies à l'expression ionienne, chimère d'Arezzo criante de vérité, Louve du Capitole enfin, si connue qu'on en oublie l'origine : ne l'a-t-on pas attribuée à des sculpteurs médiévaux ? Dans ces œuvres maîtresses apparaissent les traits dominants de l'art des Étrusques : réceptivité aux influences extérieures, en particulier helléniques; goût de l'emphase et de l'excessif, en revanche, bien éloigné de la grecque « mesure »; réalisme enfin dans les portraits, dont l'art romain héritera.

En conclusion, que fut au juste le « génie étrusque » ? Ce fut, aidé par une technique poussée, un sens de l'organisation qui frappe en cette Italie primitive peuplée de paysans : les Étrusques étaient des créateurs de villes. C'est à eux qu'il faut attribuer la fondation de la ville par excellence, de l'*Urbs* aux sept collines, Rome; le mot même d'*urbs*, dont on ignore l'étymologie, pourrait bien être d'origine étrusque.

En second lieu, la civilisation étrusque, dominée par une crainte affreuse de la mort qui éclate sur chaque fresque, dans chaque tombeau, a vite sombré dans une tristesse mélancolique, une résignation, un fatalisme qui aidèrent à sa perte. Écrasés par les Romains dont la force grandissait avec les ambitions, les Étrusques ne surent pas s'entraider, ni trouver d'alliés.

Mais il reste que cette civilisation a gardé un caractère ouvert, réceptif, qui lui a fait accueillir les influences aussi bien grecques que carthaginoises. Elle a servi de lien entre l'Asie et le futur monde romain, dont procède notre civilisation occidentale. La décadence et la chute des Étrusques est due à leur formation insuffisante dans le domaine politique, intellectuel, moral; l'absence de littérature est caractéristique à cet égard. En bref, l'impression est celle de gens riches, qui vivent de leurs rentes, sans suivre les grands courants de pensée du monde antique. Pouvaient-ils éviter leur destin ?

PAUL WAGRET,
Agrégé de l'Université.

L'utilisation de l'énergie solaire

Les techniciens de l'énergie solaire de tous les pays tiennent congrès du 1er au 5 novembre à Phenix (Arizona). Le « four solaire » le plus puissant du monde installé dans la forteresse de Montlouis (Pyrénées-Orientales), véritable usine-pilote pour l'utilisation industrielle du rayonnement du soleil, a placé la France au premier rang des nations dans cette technique riche de promesses pour une humanité de plus en plus avide d'énergie. M. Félix Trombe, directeur de recherches au C. N. R. S., à qui l'on doit cette magnifique réalisation, expose ici les principales solutions qui s'offrent pour mettre à profit, à des fins différentes et à des puissances variées, une source d'énergie qui a l'avantage d'être inépuisable.

★

Il fut un temps où le seul combustible accessible à l'homme, pour ses diverses industries et même pour ses besoins domestiques, était le bois. Brûlé directement ou transformé en charbon pour certains usages, il servait à tout. L'Europe, en quelques siècles, perdit ainsi une bonne partie de sa couverture forestière; vers 1700, lorsque l'utilisation du charbon de terre commença à s'implanter, la situation du bois était critique. A vrai dire, le charbon de terre fut accepté avec répugnance en raison de la mauvaise odeur de sa fumée. Son usage fut alternativement préconisé et interdit et, en France, la Sorbonne elle-même s'en mêla, en 1714, déclarant nocif son emploi.

L'ère du charbon fut suivie et accompagnée de l'ère des chutes d'eau, de celle du pétrole et nous entrevoyons aujourd'hui, sans attendre l'épuisement des réserves d'énergie fossile, la nécessité d'inaugurer l'ère atomique.

L'homme, en effet, est de plus en plus exigeant dans le domaine de l'énergie. La civilisation matérielle se traduit déjà actuellement, pour chaque individu, par le besoin d'un grand nombre d'esclaves mécaniques; l'examen des courbes de production énergétique conduit, pour l'avenir, à des perspectives de consommation encore plus grandes. Lorsque le pétrole d'abord, le charbon ensuite seront épuisés, il faudra, de toute nécessité, pallier l'insuffisance des chutes d'eau par l'exploitation d'autres formes d'énergie. Pour assez longtemps, l'énergie nucléaire pourra probablement suppléer à cette insuffisance; puis l'homme devra se tourner, inéluctablement, vers l'énergie du vent, celle des marées et enfin vers la source même de presque toutes les autres, vers le soleil.

A vrai dire, ce souci dans la recherche des énergies de remplacement est assez récent; il est né des perspectives actuelles qui assignent moins de 100 ans d'existence au pétrole, moins de 1 000 ans au charbon.

Qu'avons-nous fait, en réalité, pour capter un peu mieux que la nature une partie même infime de cette formidable quantité de kilowatts que le soleil déverse sur la terre? Peu de choses, si l'on regarde le chemin qui reste à parcourir. Examinons néanmoins les différents aspects de l'effort accompli.

Le rayonnement du soleil. — Le soleil, auquel les théories modernes assignent des températures internes de l'ordre de 20 millions de degrés, présente une température de surface notablement inférieure, 6 000° C environ. C'est l'analyse de son spectre d'émission énergétique qui permet cette évaluation : le soleil rayonne à peu près comme un corps noir qui serait porté à 6 200 degrés absolus. La figure 1 permet de comparer les deux courbes d'émission énergétique, en valeurs arbitraires, pour les diverses longueurs d'onde.

Si nous étions très près de la surface du soleil, chaque centimètre carré de cette surface nous apporterait 8 kW, mais, comme nous en sommes fort loin (149 millions de kilomètres), chaque centimètre carré de la stratosphère terrestre ne reçoit que 0,135 W; pratiquement à la surface du sol, dans les pays à ciel clair, il parvient 0,1 W, soit 1 kW par mètre carré. Cette énergie dispersée peut, néanmoins, être regroupée, comme nous le verrons, et porter certaines substances à des températures élevées.

La première question qui se pose est de savoir comment les diverses substances dont nous disposons se comporteront sous le rayonnement solaire, rayonnement à haut potentiel énergétique issu d'une source à 6 000°. De ce point de vue, on peut classer les substances en corps transparents, corps réflecteurs et corps absorbants. On connaît bien le verre, le quartz, certains cristaux qui laissent passer la presque totalité du rayonnement solaire; on connaît aussi les corps réflecteurs et, en particulier, certains métaux usuels qui, à l'état poli, peuvent réfléchir dans une large proportion ce rayonnement (par exemple : l'argent, coefficient de réflexion 92 pour 100; l'aluminium, coefficient de réflexion 82 pour 100). Mais on connaît moins bien les corps dits absorbants et pourtant ce sont ceux-là qui nous intéressent particulièrement, car ce sont eux qui peuvent retenir les radiations solaires et s'échauffer sous leur action.

Les corps transparents et les corps réflecteurs serviront à la constitution des machines solaires et les corps absorbants seront les écrans indispensables pour arrêter et localiser l'énergie.

A la limite, on a défini un absorbeur intégral du rayonnement (qui est, d'ailleurs, en même temps, un radiateur intégral) : c'est ce qu'on appelle le *corps noir*. Le corps noir est, schématiquement, une enceinte calorifugée qui rayonne sur elle-même et qui est, par conséquent, isotherme; pratiquement les échanges d'une telle enceinte avec l'extérieur sont très faibles. Le rayonnement de ce corps noir, par un orifice de faibles dimensions relatives, est, à température égale, toujours supérieur à celui de la surface des substances; son absorption, pour n'importe quel rayonnement, est toujours intégrale et, naturellement, elle est aussi plus élevée que celle des corps en surface.

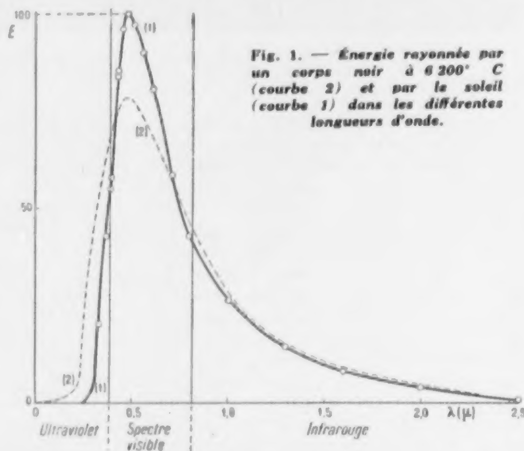


Fig. 1. — Énergie rayonnée par un corps noir à 6 200° C (courbe 2) et par le soleil (courbe 1) dans les différentes longueurs d'onde.

Certaines substances absorbent et émettent de l'énergie dans des conditions assez voisines de celles du corps noir. On peut citer le carbone, l'oxyde de fer, l'oxyde de cuivre. D'autres sont moins absorbantes, d'une manière globale ou seulement pour certaines longueurs d'onde du rayonnement solaire.

Le captage du rayonnement solaire. — Depuis des millions d'années, la nature nous donne l'exemple. Sans le soleil, pas d'eau sur les continents, pas de nettoyage par les eaux des terres émergées chargées de sels, pas de transport non plus d'alluvions fertiles et, surtout, pas de vie.

Il a déjà été parlé ici (*La Nature*, février 1955, p. 41) des efforts déployés pour améliorer les conditions d'utilisation de l'assimilation chlorophyllienne, cette splendide réaction photochimique qui construit, à une échelle immense, toute la végétation du globe terrestre. C'est elle qui a constitué la plupart de nos réserves d'énergie fossile et c'est elle encore qui prépare, pour l'avenir, des sources de carbone, élément de base de nos industries.

L'homme a cherché à intervenir, pour le captage de l'énergie solaire, de différentes façons. Il s'est aperçu que le soleil, source très chaude, pouvait donner, même sur la terre, de très hautes températures à la condition, évidemment, de rassembler par des moyens optiques ses rayons trop dispersés. Il s'est aperçu aussi que, dans certaines conditions, la température de surface des corps soumis à son rayonnement direct pouvait être notablement accrue.

On a voulu parfois diviser les utilisations du soleil en deux groupes :

1° *Utilisations de bas potentiel énergétique* où intervient le rayonnement direct;

2° *Utilisations de haut potentiel* où intervient le rayonnement concentré.

La réalité est que l'on passe progressivement du bas potentiel au haut potentiel, car certains emplois de l'énergie solaire ne peuvent être obtenus par le rayonnement direct et il faut réaliser des concentrations de rayonnement intermédiaires entre le rayonnement direct et les faisceaux lumineux très convergents capables d'apporter une grande énergie par unité de surface. Le classement, à notre avis, peut plutôt s'établir d'après les principes de captage.

Captage direct sans écran transparent. — Les substances retiennent les rayons du soleil en fonction de leurs propriétés optiques; c'est ce que l'on obtient dans la nature et il n'est pas rare, sur une plage ensoleillée, de trouver des cailloux ou du sable à une température dépassant 50° C.

Captage direct avec écran transparent. — C'est le principe du captage par « effet de serre ». On sait que les substances rayonnent dès qu'elles dépassent le zéro absolu. L'énergie moyenne du rayonnement est proportionnelle à la quatrième puissance de la température absolue (loi de Stephan). Mais la qualité aussi de cette énergie varie avec la température; plus cette dernière est élevée, plus l'ensemble du spectre d'émission énergétique est déplacé vers les faibles longueurs d'onde. Nous avons vu que le rayonnement du soleil (6 000° C.) présente (fig. 1) son maximum d'émission dans le vert ($\lambda = 0{,}47\ \mu$). Les corps chauffés par le soleil et portés par exemple à 100° C présentent un maximum d'émission énergétique vers 10 μ, c'est-à-dire dans l'infrarouge moyen. Or, la transparence du verre, excellente pour les longueurs d'onde du spectre visible, s'arrête pratiquement à quelques microns. Dans une serre, on laisse entrer les rayons du soleil par un vitrage qui se conduit comme une tôle opaque à l'égard du rayonnement propre des corps qu'elle contient. Ce piège à calories est efficace et l'on obtient aisément, sous un vitrage, des températures de 100° C. On démontre que la température maximum doit être égale à celle que l'on obtiendrait, à l'air libre, avec un rayonnement solaire deux fois plus intense. Si avec un soleil on a entre 80° et 90°, avec deux soleils on devrait avoir 150°.

Ici, il faut distinguer entre la température maximum obtenue après une longue mise en équilibre et celle de l'utilisation. On peut arriver, dans les conditions indiquées plus haut, à obtenir plus de 130° C, mais cela ne veut pas dire que ces 130° C soient utilisables. En effet, dès que l'on demande au système de fonctionner, c'est-à-dire de fournir des calories, la température que l'on pourrait appeler de « travail » baisse considérablement. Sous vitrage, on peut chauffer aisément de l'air ou de l'eau à 60° C avec de bons rendements, mais ceux-ci baissent d'autant plus qu'on cherche à se rapprocher davantage de la température d'équilibre. Nous verrons qu'il en est de même pour les autres utilisations du soleil.

Captage avec concentration d'énergie. — Pour concentrer les rayons du soleil, il faut transformer le rayonnement parallèle qu'il donne en rayonnement convergent. Il faut donc nécessairement réfléchir ou réfracter ces rayons pour changer leur direction.



Fig. 2. — Le « four solaire » de l'Institut de Technologie de Californie, à Pasadena.

Cet appareil, dessiné par R. W. Porter sous la direction du célèbre astronome Hale, a été construit en 1932 et expérimenté par le professeur Pol Duwez. Se déplaçant dans son ensemble pour suivre le soleil, il comprend 19 lentilles de 60 cm de diamètre et l'image du soleil au foyer est approximativement de 1 cm.

(Photo aimablement communiquée par M. Pol Duwez).

On sait que le soleil n'est pas un point dans l'espace, mais qu'il se présente pour un observateur terrestre avec des dimensions notables. Si l'on vise chacun de ses bords, l'écart angulaire entre les deux visés est de 32 minutes d'arc, en moyenne (car la terre se rapproche et s'écarte du soleil, principalement au cours d'un cycle annuel). Ce « diamètre apparent » va conditionner les possibilités de concentration du rayonnement solaire par les moyens optiques. Dans un système de faible ouverture, l'image du soleil au foyer est correcte et son diamètre est à peu près égal à 0,95 pour 100 de la distance focale adoptée. C'est toujours avec des appareils de faible ouverture que les astro-

nomes observent le soleil, mais sur ces images il se localise très peu d'énergie.

Notre but, au contraire, en particulier pour obtenir des hautes températures, est de rassembler le maximum d'énergie sur le minimum de surface. Nos appareils seront toujours réalisés avec de grandes ouvertures et ils donneront, par leur construction même, de grandes aberrations à leur foyer. La répartition de l'énergie suivant un diamètre de l'image du soleil est représentée par la figure 3, pour des ouvertures 0,2 f, f et 2 f, c'est-à-dire pour des appareils dont le diamètre est égal à 0,2, 1 et 2 fois la distance focale f. Pour une ouverture 2 f, 70 pour 100 de l'énergie totale se trouve sur l'image centrale; ceci, naturellement, dans des conditions théoriques. Pratiquement, dans les appareils actuellement construits, il est déjà malaisé d'obtenir sur l'image centrale plus de 40 p. 100 de l'énergie totale.

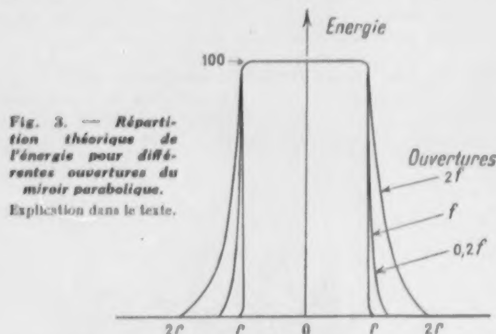


Fig. 3. — *Répartition théorique de l'énergie pour différentes ouvertures du miroir parabolique.*
Explication dans le texte.

Nous nous occuperons surtout ici des concentrations par réflexion, c'est-à-dire des miroirs convergents, moins coûteux que les lentilles et surtout susceptibles de posséder de plus grandes ouvertures.



Fig. 4. — *Miroir parabolique de 2 m de diamètre à axe vertical, au laboratoire de Montlouis (Pyrénées-Orientales).*
On voit la concentration des rayons lumineux au foyer du miroir ; ils sont reçus verticalement d'un dispositif analogue à celui de la figure 5.
(*Photo* Ch. Henry la Blanchetais).



Fig. 5. — *Nouvelles installations de faible puissance (2,5 kW) en cours de montage à Montlouis.*
On aperçoit, en bas, les carcasses des quatre orienteurs plans destinés à renvoyer le rayonnement solaire suivant une direction verticale.
(*Photo* F. Trombe).

La concentration, avons-nous dit, variera avec les usages envisagés.

Si le rayonnement solaire direct est insuffisant, on a immédiatement l'idée de superposer, à l'aide d'une glace plane, un deuxième rayonnement au premier. Archimède, puis Buffon, extrapolant cette technique, superposaient à distance, sur une même surface, les rayons solaires issus de quelques centaines de miroirs. On connaît le résultat : l'incendie des vaisseaux de la flotte romaine et, plus modestement, pour Buffon, l'inflammation d'un tas de bois à 60 m de distance.

Ce schéma est instructif, car le choix du miroir parabolique (fig. 4) n'est que la limite de son application. Si l'on veut utiliser un grand nombre de miroirs plans infiniment petits, ceux-ci, pour donner le minimum de pertes d'énergie (en particulier pour éviter de se faire ombre entre eux), doivent être placés sur un paraboloïde dont l'axe est parallèle au rayonnement incident.

Nous reviendrons sur ces questions à propos des miroirs qui servent à la construction des fours solaires.

Un autre type de miroir convergent, plus facile à réaliser que le paraboloïde de révolution, est le miroir cylindro-parabolique. Il est engendré par le déplacement d'une parabole suivant une direction perpendiculaire au plan dans lequel elle se trouve. On obtient une auge à profil parabolique (fig. 6) qui donne, lorsque son plan de symétrie passe par le soleil, une concentration de l'énergie suivant la ligne focale tracée par le déplacement du foyer de la parabole. On peut aussi faire tourner le miroir autour de son axe focal, celui-ci étant disposé parallèlement à l'axe du monde.

On comprend aisément qu'un tel appareil concentre moins le rayonnement du soleil qu'un paraboloïde de révolution. On obtient, pour une ouverture 2 f, une énergie 150 fois plus concentrée que celle du rayonnement solaire direct, alors qu'un paraboloïde de même ouverture concentre, dans les meilleures conditions, plus de 30 000 fois le rayonnement incident. Les miroirs cylindro-paraboliques sont néanmoins très utiles lorsqu'il s'agit d'obtenir, non pas des milliers de degrés, mais

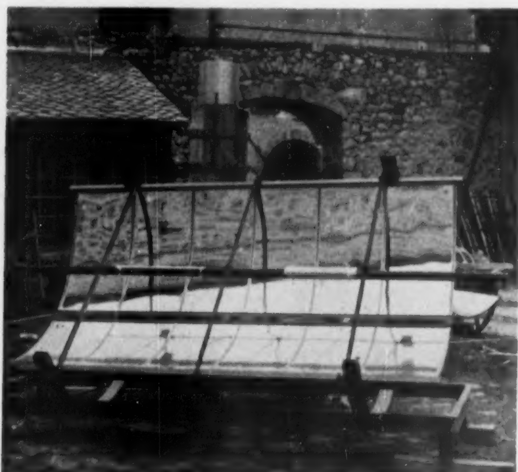


Fig. 6. — *Miroir cylindro-parabolique, au laboratoire de Montlouis.*
La concentration de l'énergie se fait sur le tube placé suivant l'axe focal de l'appareil.
(*Photo* Ch. Henry la Blanchetais).

quelques centaines de degrés seulement. Rappelons ici ce qui a été dit au début : *la température d'équilibre doit être très supérieure à celle qui est nécessaire pour provoquer un phénomène déterminé.*

Un miroir cylindro-parabolique d'ouverture $2f$ devrait donner, en tenant compte des pertes par réflexion, une énergie à son foyer de l'ordre de 10 W/cm², ce qui correspond, pour le rayonnement du corps noir, à une température d'équilibre voisine de 1 000° C. Or, l'expérience montre qu'il est seulement possible de débiter des calories entre 200 et 300° C si l'on veut obtenir un bon rendement.

Réalisation pratique et utilisation de l'effet de serre. — L'appareil est toujours simple. Il se compose d'une surface absorbante calorifugée sur la face arrière et recouverte

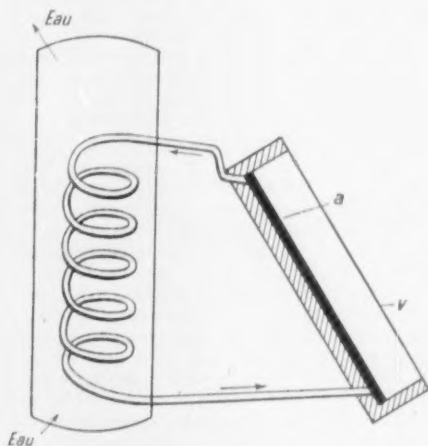


Fig. 7. — *Schéma de dispositif utilisant l' « effet de serre » pour le chauffage de l'eau.*
a, surface absorbante ; *v*, vitrage.
Pour chauffer l'air, il suffit de le faire circuler entre *a* et *v*.

d'un vitrage ou parfois, pour obtenir une meilleure isolation, de deux vitrages. Cette dernière disposition est surtout utilisée pour isoler thermiquement, non des machines de faible volume, mais des pièces d'habitation, car nous profitons constamment, dans nos maisons, des bienfaits de l'effet de serre.

Pour *chauffer de l'air*, il suffira de le faire circuler entre le vitrage et la zone *a* constituée simplement d'une tôle noircie et calorifugée en arrière (fig. 7). L'expérience montre que, dans nos régions tempérées, chaque jour de plein soleil peut apporter sur ces vitrages 5 kWh par mètre carré. L'air peut être surchauffé, avec de très bons rendements, à 30° au-dessus de la température ambiante. Si l'intervalle de surchauffe croît (40 ou 50°), le rendement baisse progressivement.

Le *chauffage de l'eau* est réalisé de la même façon. En *a* se trouvent des serpentins ou un collecteur plat noirci en surface et parcouru par le liquide à chauffer.

Il existe déjà dans le commerce différents types d'appareils. Signalons celui qui, en France, paraît le plus au point : celui de la Société Radiasol, qui présente la particularité intéressante et avantageuse d'avoir une circulation par thermosiphon entre le collecteur solaire et la réserve d'eau à chauffer. Cette disposition supprime l'entartrage des collecteurs et permet d'avoir, dans ces derniers, un liquide incongelable.

Aux États-Unis, Maria Talkes a réalisé de véritables maisons solaires avec constitution de réserves de calories, soit dans des cailloux, soit dans de l'eau, soit dans des produits chimiques tels que le sel de Glauber (SO_4Na_2, 10 H_2O) qui fond à 35° C (95° F) avec une forte absorption de chaleur. Avec 100 kg de ce produit, on obtient la même absorption de chaleur qu'avec une tonne d'eau.

La distillation de l'eau. — Un autre problème d'une grande importance pour les terres arides est celui de la distillation de l'eau. Il a reçu, il y a longtemps, une excellente solution : en 1872, Harding eut à produire de l'eau potable pour le personnel de l'exploitation des nitrates de Salinas, au Chili. Son installation de 4 800 m² pouvait produire 23 t d'eau par jour. Le principe de Harding sera repris ensuite par Ch. Maurain, qui fait lui-même des expériences à Saint-Maur avec Brazier, puis par différents expérimentateurs, le médecin général Pasteur, MM. Poulain et Ginestou, le docteur Richard, les Établissements Insol et, très récemment, aux États-Unis, par Maria Talkes. Il consiste essentiellement à chauffer une lame mince d'eau à travers un vitrage incliné qui sert de piège à calories (effet de serre) et également de condenseur de l'eau distillée.

Le rendement énergétique d'un tel appareil peut être de l'ordre de 60 pour 100, ce qui permet, comme l'avait indiqué Harding, d'obtenir une production journalière d'environ 5 litres d'eau par mètre carré de surface insolée et par jour. Mais il convient d'étudier le prix de revient de ces dispositifs et de le comparer à celui des autres procédés actuellement en voie de développement (échangeurs d'ions, etc.).

Citons aussi, dans un autre ordre d'idées, l'amélioration du rendement des salines par coloration de l'eau : l'eau absorbe alors, sous une faible épaisseur, le rayonnement solaire. Avec 8 mg par litre de vert naphtol, on augmente la production de sel de 20 à 40 pour 100 (Australie et Israël).

Les cuisinières solaires. — Avec la cuisinière solaire, nous abordons l'utilisation de l'énergie solaire concentrée. Un des premiers appareils semble dû à Abbott qui réalisa, au Mont Wilson, une cuisinière solaire à circulation d'huile chauffée par un miroir cylindro-parabolique tournant autour de l'axe du monde. Actuellement, on semble s'orienter vers la réalisation d'appareils de faible prix, car le problème est d'une importance considérable, en raison de la difficulté que rencontrent d'immenses populations sous-alimentées pour se procurer le combustible nécessaire à la cuisson des aliments. On ignore

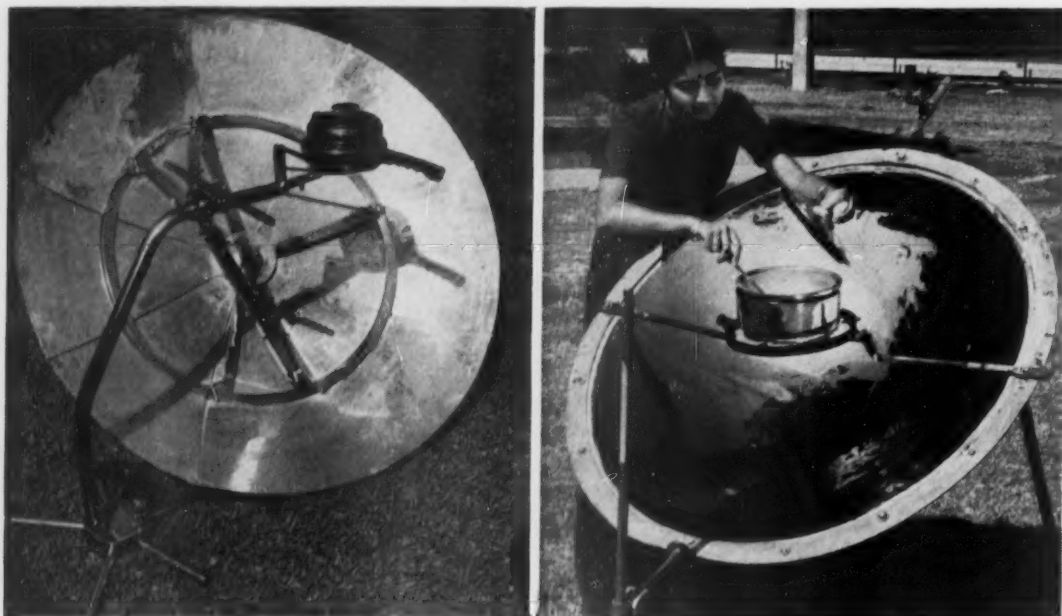


Fig. 8 et 9. — *Cuisinières solaires du Laboratoire national de Physique de Delhi.*
(Photos aimablement communiquées par le National Physical Laboratory of India).

généralement que le seul combustible que possèdent des centaines de millions d'individus est de la bouse séchée à l'air. Si l'on pouvait remplacer cette matière, utile pour fertiliser les champs, par des appareils de chauffage marchant au soleil, on aurait réalisé, de ce fait, un grand progrès dans l'amélioration du sort des pays sous-développés.

Aux Indes, au National Physical Laboratory de Delhi, différents types de cuisinières solaires (*solar cookers*) ont été réalisés. La plupart comportent l'emploi d'un miroir parabolique métallique embouti qui concentre les rayons du soleil sur le récipient à chauffer (fig. 8 et 9). L'appareil de L. M. Ghai est mis en place à la main et peut fonctionner environ une demi-heure sans modification de sa position. Un autre dispositif, construit en France par N. Doumé, est un miroir parabolique en aluminium, réglable autour de son axe. Ce dispositif, plus coûteux que le précédent, est surtout destiné aux campeurs.

Enfin, il faut citer la dernière réalisation de *solar cooker* due à Maria Talkes, avec un support économique de la firme Ford. La concentration d'énergie est obtenue sur un collecteur plat à vitrage fonctionnant suivant le principe de l'effet de serre, à l'aide de plaques d'aluminium qui renvoient le rayonnement solaire sur le collecteur. Celui-ci reçoit donc, en plus du rayonnement direct, au moins deux fois la valeur de ce rayonnement. On chauffe ainsi, par le haut, une sorte de four calorifugé où peut être obtenue une température dépassant 100° C.

Les recherches concernant les cuisinières solaires se poursuivent et il est probable que l'on aboutira à des appareils de prix suffisamment bas pour qu'ils puissent être achetés par les populations les plus économiquement faibles.

Les réfrigérateurs solaires. — Les réfrigérateurs solaires représentent une des utilisations les plus intéressantes du rayonnement solaire. On sait qu'il est possible de produire du froid avec de la force motrice par l'intermédiaire classique d'un fluide que l'on comprime et que l'on détend, ou encore que l'on évapore par dépression. Pour les cycles frigorifiques, comme pour les pompes à chaleur, on sait aussi que le rendement classique de Carnot s'applique en sens inverse : autrement dit, étant donné un moteur d'une puissance déterminée, il est possible d'obtenir (en frigories) un rendement énergétique très supérieur à celui que l'on pourrait déduire de l'équivalent mécanique de la calorie.

On sait que bien des cycles thermiques donnent de la force motrice avec des rendements souvent inférieurs à 10 pour 100, qui parfois peuvent atteindre 20 à 25 pour 100. On pourra, en produisant des frigories, multiplier ce faible rendement par un facteur 2,5 ou plus; c'est dire que, finalement, les calories initiales qui servent à faire marcher le moteur seront transformées en frigories avec des rendements de 10 ou 20 pour 100, multipliés par 2,5, soit 25 ou 50 pour 100. Il ne serait donc pas illusoire de faire, avec le soleil, de la vapeur ou de l'air chaud, de faire tourner un moteur et, avec son énergie, de produire du froid si cela est nécessaire.

Il existe aussi une autre possibilité d'un grand intérêt pour produire des frigories avec la chaleur du soleil. Beaucoup de petits réfrigérateurs domestiques fonctionnent sans moteur avec une source chaude constituée par une résistance électrique ou une flamme de gaz. Le principe de leur fonctionnement consiste à provoquer la formation d'ammoniac liquide, par chauffage d'une solution ammoniacale concentrée. On sait que l'eau est capable de dissoudre, à froid, une grande quantité de gaz ammoniac. Cette mise en solution est « physique » (loi de Henry) et il suffit de chauffer la solution aqueuse à une température suffisante pour faire dégager le gaz ammoniac sous pression et obtenir, dans une zone froide, sa liquéfaction. Certains des appareils qui utilisent ce principe sont continus; quelques-uns comportant l'intervention d'un cycle gazeux (hydrogène). D'autres sont intermittents : chauffage d'abord, avec production d'ammoniac liquide, puis dissolution de gaz ammoniac dans la solution aqueuse froide avec évaporation simultanée de

l'ammoniac liquide et production de froid. Différents pays, l'U.R.S.S. à Tachkent, l'Inde à Delhi, au National Physical Laboratory, la France à Montlouis étudient la mise au point de réfrigérateurs solaires de divers types et l'on sait, dès à présent, que ces appareils sont rentables.

Les moteurs solaires. — L'abondance du charbon et son faible prix de revient relatif a permis, au siècle dernier, le développement des moteurs à vapeur de différentes puissances, mais le rendement énergétique de telles machines est très faible (5 pour 100 pour les moteurs marchant sous quelques kg de pression, 20 à 25 pour 100 pour les unités modernes pourvues de turbines fonctionnant sous haute pression). On retrouve, pour les moteurs solaires, les mêmes difficultés, dues aux bas rendements, que pour les machines précédentes. Or, ce sont précisément les moteurs de petite puissance (quelques chevaux) qu'il faudrait construire d'abord pour équiper les zones arides, en général pauvres en énergie.

La question est d'une importance capitale et l'on peut espérer la résoudre un jour, grâce à la simplification progressive des machines servant à donner du rayonnement solaire concentré.

Le bilan des essais effectués pour la réalisation de moteurs comporte plusieurs étapes.

Le Français Mouchot exposa, en 1878, au Trocadéro, un moteur à vapeur alimenté par une chaudière solaire cylindrique protégée par un tube de verre qui réalisait l'effet de serre dont nous avons déjà parlé. Le miroir (fig. 10) de 5 m de diamètre

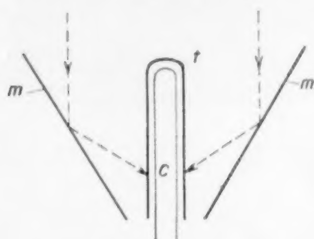


***Fig. 10.** — Schéma du dispositif de Mouchot (1878).*
***m,** miroir tronconique ; **t,** tube cylindrique en verre calorifugeant la chaudière **c**.*

qui renvoie les rayons du soleil sur la chaudière est tronconique. Pour une surface de réception de miroir de 20 m², le moteur développe au maximum une puissance de 1 ch.

Une réplique de l'appareil de Mouchot fut installée à Pasadena (Californie), mais le miroir, fragile et donnant une forte prise au vent, fut rapidement détérioré.

Ericson, en 1883, commença à utiliser les miroirs cylindro-paraboliques : il réalisa un moteur ayant un rendement de 5 pour 100.

Schumann construisit, à partir de 1910, de nombreux moteurs solaires : en particulier, à Philadelphie, un appareil à basse pression alimenté par une chaudière plate protégée par effet de serre et, de plus, recevant le rayonnement réfléchi par des miroirs plans latéraux. La chaudière avait 465 m² et le moteur donnait une puissance moyenne de 17 ch avec des pointes de 30 ch.

En Égypte, c'est également Schumann qui construisit la centrale de Meadi, près du Caire : 572 éléments cylindro-paraboliques, d'une surface unitaire de 1,66 m², donnaient une puissance de 50 ch ; néanmoins cette usine ne fonctionna pas, semble-t-il, après 1914.

D'autres projets sont à mentionner : celui de l'alimentation des turbines Claude à basse pression par de l'eau chauffée par le soleil. Afin d'éviter son évaporation, l'eau est recouverte d'une couche d'huile (Barjot, 1932). W. Maier, en 1940, préconisa l'installation d'une centrale à circulation d'huile, avec accumulation des calories dans des blocs de béton. On aurait ainsi, pour franchir l'intervalle de la nuit, une réserve de calories. Indiquons aussi que les établissements Somor, en Italie, construisent des moteurs solaires à collecteurs plats qui utilisent le SO_2 comme fluide.

La production directe d'électricité. — La production directe d'électricité a d'abord été tentée par l'emploi de cellules photo-électriques et de couples thermo-électriques. De très intéressantes études, comme celles de M. Talkes sur les thermocouples, conduisent à la conclusion que ces moyens de production d'énergie sont affectés d'un rendement désastreux, inférieur à 2 pour 100 pour les thermocouples.

Dans une autre voie, celle des semi-conducteurs, on a obtenu de bien meilleurs résultats. On sait que le silicium est un des semi-conducteurs les plus accessibles pratiquement. Or, une photopile au silicium, réalisée par la Bell Telephone, a donné un rendement énergétique (transformation du rayonnement solaire en électricité) de 8 pour 100 et on peut espérer faire mieux. La photopile au silicium, dont l'étude se poursuit maintenant dans différents pays, trouvera certainement une utilisation pour la production de faibles puissances : par exemple, l'alimentation de postes de radio dans un lieu isolé. Mais il est douteux que, malgré les perspectives d'un abaissement considérable de leur prix de revient, elles puissent concurrencer des centrales solaires fonctionnant dans de bonnes conditions. Or, celles-ci sont encore trop chères pour concurrencer elles-mêmes d'autres formes d'énergie !

Les fours solaires. — C'est ainsi que l'on appelle, de façon d'ailleurs impropre, les appareils donnant de grandes concentrations d'énergie solaire. Le four lui-même, dans lequel est utilisée cette énergie, ne représente qu'une faible partie de l'ensemble. La plus grande partie est constituée par le système qui sert à concentrer le rayonnement et, éventuellement, par celui qui sert à l'orienter.

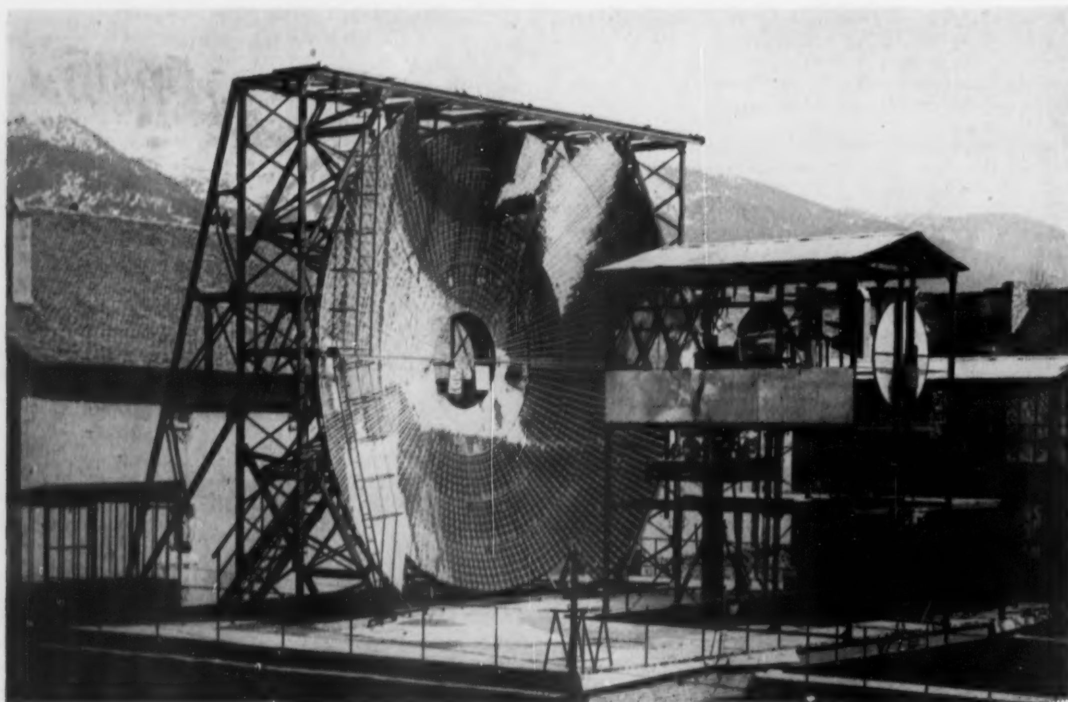
L'idée d'utiliser le rayonnement solaire pour obtenir de hautes températures n'est pas neuve. Dans l'Antiquité, l'exploit le plus célèbre fut celui d'Archimède, déjà rappelé, mais, chez les Romains, les Vestales utilisaient un vase d'or tourné vers le soleil pour allumer, une fois l'an, la flamme sacrée.

Plus près de nous, aux XVIIe et XVIIIe siècles, les miroirs et les verres « ardents » eurent une grande vogue. De nombreux miroirs de bois doré, argenté ou revêtu de cuivre donnaient déjà, à leur foyer, des effets intéressants : le « miroir du Roi », offert par Cassini à Louis XIV, permettait de fondre aisément le fer.

Toutefois c'est Lavoisier qui, le premier, entreprit des essais systématiques pour utiliser l'énergie solaire. Son appareil, qui pouvait suivre le soleil en hauteur et en direction, se composait principalement d'une grande lentille creuse remplie d'esprit de vin. Une autre lentille plus petite, de verre, permettait de « resserrer » encore les rayons du soleil, c'est-à-dire de diminuer la distance focale de l'ensemble. Lavoisier, qui était arrivé au seuil de fusion du platine, sut voir tout le parti qu'on pouvait tirer d'un tel mode de chauffage, en particulier la possibilité de travailler en atmosphère conditionnée et sans utiliser de support matériel (creuset) susceptible de souiller les produits traités.

Après Lavoisier, les fours solaires subirent une éclipse assez longue puisqu'il fallut attendre le milieu du XXe siècle pour voir réapparaître, non les « verres », mais les « miroirs ardents ». Ce sont, en effet, uniquement des miroirs paraboliques de grande ouverture (de l'ordre de 2 *f*) qui sont utilisés actuellement.

Parmi les chercheurs modernes, il faut citer, en Amérique, W. M. Cohn et, en France, F. Trombe, M. Foëx et Ch. Henry la Blanchetais. Les résultats obtenus (depuis 1946) par ces derniers auteurs, d'abord à l'Observatoire de Meudon, puis à Montlouis (Pyrénées-Orientales) avec des installations de petite puissance (2,5 kW) furent si encourageants que le Centre national



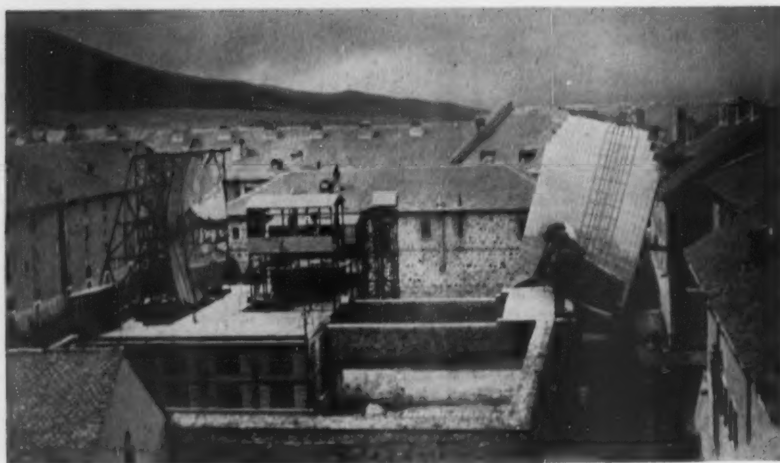


Fig. 11 *(ci-dessus).* — ***Le miroir parabolique fixe de la grande installation de Montlouis.***

Surface du miroir : 90 m². A droite, le laboratoire de travail où sont traitées les substances placées au foyer du miroir.

(Photo F. Trombe).

Fig. 12 *(ci-contre).* — ***Vue d'ensemble de la grande installation de 75 kW de Montlouis.***

A gauche, le miroir parabolique fixe et le laboratoire ; à droite, l'orienteur plan qui renvoie les rayons solaires sur le miroir parabolique.

(Photo F. Trombe).

de la Recherche scientifique décida de créer à Montlouis, avec l'aide de la Défense nationale, un prototype d'installation semi-industrielle. Cet appareil, de 75 kW fonctionne depuis 1952 et permet déjà d'effectuer, de manière rentable, des opérations telles que la fusion ou le frittage des ultra-réfractaires, la purification de certaines substances, la fusion de métaux ou alliages dans des conditions de grande pureté, etc.

L'appareil, dont le schéma est donné par la figure 13, se compose d'un miroir parabolique fixe B (fig. 11) d'axe horizontal et d'un orienteur plan A (fig. 16) qui renvoie le rayon-

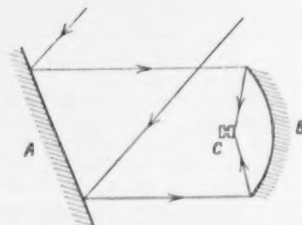


Fig. 13. — ***Schéma de la grande installation de Montlouis.***

Le miroir plan A renvoie les rayons solaires sur le miroir parabolique B au foyer duquel, en C, sont placés les récepteurs d'énergie.

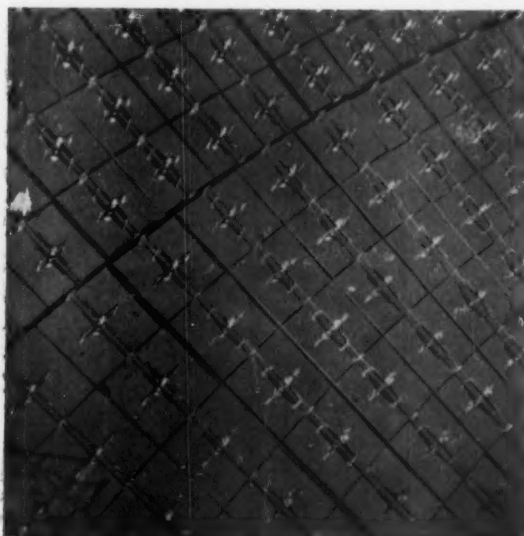




Fig. 14 et 15. — *A gauche :* ***Détail du miroir parabolique de la grande installation de Montlouis.*** On aperçoit les croix métalliques permettant d'exercer les poussées avant sur chacune des 3 500 glaces élémentaires. — *A droite :* ***Réglage d'une des plaques supportant une série de glaces.***
(*Photo* Ch. Henry la Blanchetais). (*Photo* F. Trombe).

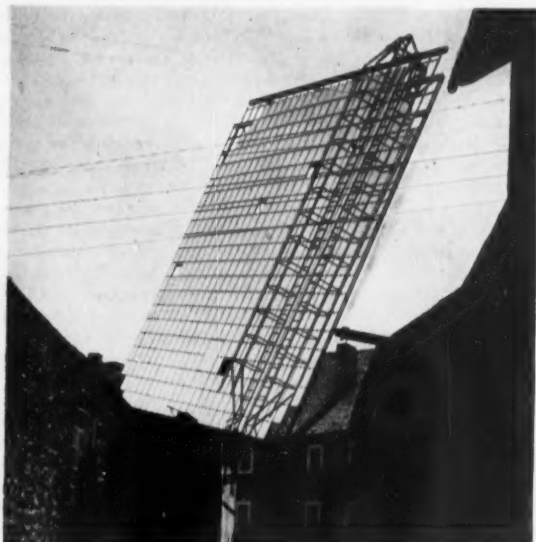


Fig. 16. — ***L'orienteur plan de la grande installation de Montlouis.***
Il est composé d'environ 500 glaces planes de 50 × 50 cm.
(*Photo* F. Trombe).

nement solaire sur le paraboloïde, parallèlement à l'axe de ce dernier. Cette disposition a été adoptée afin d'avoir un foyer fixe, ce qui permet de construire autour de lui des appareils (C) plus ou moins compliqués et d'employer des récepteurs d'énergie lourds ou encombrants.

L'orienteur A est constitué d'environ 500 glaces planes de 50 × 50 cm réglées parallèlement entre elles. L'ensemble peut tourner autour de deux axes, l'un horizontal, l'autre restant dans un plan vertical, grâce à l'action de deux vérins. Un système de cellules photoélectriques agissant, par l'intermédiaire de relais convenables, sur les tiroirs distributeurs d'huile des vérins permet à l'héliostat de suivre automatiquement les déplacements du soleil.

Le principe de construction du miroir parabolique B consistait à superposer, sur une zone « focale » de dimensions fixées à l'avance, les images données par un grand nombre de glaces élémentaires. Afin de réduire le nombre de ces éléments, en accroissant leurs dimensions, il fut décidé d'utiliser, non des glaces planes, mais des glaces courbées mécaniquement, au moyen de poussées permanentes exercées sur leur face avant et sur leur face arrière (fig. 14 et 15). On put ainsi obtenir, avec seulement 3 500 glaces courbées, une concentration d'énergie égale à celle qu'auraient donnée 20 000 à 25 000 éléments réflecteurs plans.

L'appareil en service à Montlouis donne, au foyer, une température de 3 000° C. Son principe de construction permet d'envisager aisément l'extrapolation de ses dimensions à une valeur suffisante pour recueillir au foyer une puissance de 1 000 kW. Une unité de ce genre aurait des applications industrielles et donnerait certainement, sans aucune difficulté de montage, des températures supérieures à 3 000° C.

Il faut citer également un autre appareil prototype construit, non en verre, mais en aluminium. Ce four solaire, installé près d'Alger, peut avoir une puissance de 40 kW et fournit déjà une température de 3 000° C.

Enfin, dans le monde entier (Amérique, Inde, U.R.S.S., etc.) se développe l'utilisation de fours solaires de laboratoire pour des traitements à haute température.

On voit que l'effort de recherche dans ce domaine augmente de jour en jour, et il est probable que ce genre d'appareil s'imposera prochainement pour certaines fabrications industrielles.

Félix Trombe,
Directeur de recherches au C.N.R.S.

La notion de santé en Physiologie végétale

On est surpris de constater à quel point nous sommes ignorants de la biologie des plantes et de considérer les procédés que nous employons pour les « soigner ». Ce que nous cherchons n'est d'ailleurs pas leur santé, mais un idéal économique, et nous faisons semblant de croire que la betterave ou le pied de blé qui produisent la plus lourde récolte représentent la perfection, comme si le gigantisme ou l'obésité pouvaient être chez les plantes caractéristiques de santé !

Il existe une science, la Phytopathologie, qui s'intéresse à la santé des plantes, mais elle se borne trop souvent à l'étude des seules maladies parasitaires : elle protège la plante contre ses ennemis, et la déclare saine si elle n'est la victime d'aucun parasite.

D'autres maladies affectent plus intimement la plante jusqu'à provoquer son dépérissement, les maladies de carence. Il est curieux que le diagnostic de ces maladies reste ordinairement tout extérieur et se borne à constater des déformations ou des taches qui témoignent d'un état de carence déjà fort avancé.

Sommes-nous donc si ignorants de la physiologie des plantes, que nous ne puissions utiliser pour elles ces dosages qui transformèrent la thérapeutique humaine (glycémie, urémie, métabolisme de base, etc.) et permirent de dépister beaucoup de maladies commençantes ? Nous sommes pourtant beaucoup mieux renseignés sur la biochimie végétale que sur l'animale, mais les difficultés sont ici d'un autre ordre. Les premiers essais de dosage en vue de déterminer la physiologie normale se sont heurtés à un obstacle imprévu, la diversité de la plante.

La diversité végétale. — Notre organisme est remarquablement unifié par le sang, partout présent, toujours renouvelé, toujours identique à lui-même, recommençant toutes les minutes son circuit après avoir été purifié, réoxydé, réapprovisionné; l'admirable régulation hormonale et nerveuse vient encore parer aux moindres écarts.

La physiologie végétale est d'un tout autre type. La circulation, même celle de la sève, est très lente, et le liquide circulant n'arrive au bout de sa course que profondément modifié : il va s'ensuivre une extraordinaire diversification.

Considérons une tige de blé près de fleurir. Une idée de la répartition très variée des éléments dans ses diverses parties nous sera donnée par le seul dosage de l'ensemble des protides.

Si nous comparons les feuilles entre elles, nous constatons que la plus élevée est de beaucoup la plus riche; la seconde n'atteint que 75 pour 100 de sa teneur, la troisième 60 pour 100, la quatrième 45 pour 100 et la cinquième 33 pour 100. Les feuilles d'une même tige ne sont donc pas identiques et leur échelonnement est aussi net pour les gaines que pour les limbes [1]. La tige elle-même varie dans ses entre-nœuds et chaque partie de la plante a sa teneur propre en protides, si diverse que certaines d'entre elles peuvent être normalement jusqu'à vingt fois plus riches que d'autres.

Considérons dans chaque feuille de cet unique pied de blé la teneur en protides du sommet du limbe, du milieu du limbe et du bas du limbe, puis celle du sommet de la gaine, du milieu de la gaine, du bas de la gaine (tableau I). Les fragments analysés sont relativement petits et localisés exactement, car les chiffres seraient assez différents si la prise était faite un peu plus haut ou un peu plus bas.

1. Dans les Graminées, chaque nœud de la tige est le point de départ d'une *gaine* qui entoure la tige sur une certaine hauteur ; à l'extrémité supérieure de la gaine s'attache le *limbe*, partie libre de la feuille.

Tableau I

Teneur en protides (p. 100 du poids frais) de diverses parties des feuilles d'un pied de blé

	Limbe			Gaine		
	Haut	Milieu	Bas	Haut	Milieu	Bas
1re feuille. . . .	12,1	10,9	8,7	5,1	4,5	3,5
2e feuille. . . .	10,1	8,5	6,6	3,9	3,5	2,9
3e feuille. . . .	7,6	6,5	5,3	2,7	2,6	2,5
4e feuille. . . .	7,2	4,9	4,0	2,3	2,1	2,0

Si nous comparons la feuille avec elle-même, nous voyons donc la teneur du limbe en protides diminuer progressivement dans la mesure où nous descendons, puis, brusquement, au moment où nous arrivons dans la gaine, une chute brusque, avant de reprendre à nouveau, comme dans le limbe, une diminution progressive.

Cette décroissance du taux des protides dans le limbe et dans la gaine est remarquablement régulière et nous la retrouvons sur toutes les feuilles. Une première constatation sera donc que chaque feuille s'établit à son niveau propre, différent de celui des autres feuilles; mais, si l'on compare les parties de la feuille entre elles, on retrouve la même proportion qui les unit. Si, par exemple, nous faisons le taux protidique de la base du limbe égal à 100, celui du milieu du limbe sera égal à 125, celui du milieu de la gaine à 52 et celui de la base de la gaine à 45. Il s'ensuit que les feuilles peuvent être comparées entre elles, non par leurs chiffres qui sont différents, mais par les relations qui unissent ces chiffres entre eux.

Ce que nous venons de signaler pour les feuilles et les gaines se reproduit d'une autre manière sur les entre-nœuds, les nœuds et l'épi. Au stade de l'épiaison que nous sommes en train de considérer, le centre de l'entre-nœud est la partie la moins riche, le bas la partie la plus riche. L'acheminement vers l'épi est à ce moment très rapide, mais celui-ci se développe à une telle vitesse que son taux protidique reste faible.

Après avoir analysé toutes les parties d'un pied de blé, nous découvrons donc entre elles une relation fixe, caractéristique de l'état précis de la plante au moment où nous avons fait l'analyse, car il est bien évident que cet équilibre n'est pas stable et définitif, mais qu'il évolue rapidement.

Lorsque la feuille est très jeune, par exemple, les protides s'accumulent dans son sommet, mais cette prééminence du sommet diminue progressivement. Bientôt la vie devient de moins en moins active, de petits points jaunes se forment sur le sommet du limbe dont la teneur en protides passe alors au-dessous de celle du milieu de la feuille, puis ce milieu baisse à son tour et les taux s'effondrent, tandis que la feuille se dessèche en cédant à la tige tous les protides qu'elle possédait encore et qui sont susceptibles de migrer.

La première évidence qui ressort de telles constatations est qu'une analyse globale d'un pied de blé ne signifie peut-être pas grand chose et que si nous voulons comparer les taux protidiques ou autres de plusieurs pieds, il nous faudra doser comparativement la même partie de la même feuille ou du même entre-nœud, étant bien entendu que nous aurons choisi deux pieds arrivés exactement au même stade de végétation, pour



Fig. 1 et 2. — *Comparaison de deux champs de blé.*

Au premier coup d'œil, une énorme différence existe entre ces deux blés, celui de droite étant incomparablement plus beau. Cependant quel est celui des deux qui est le plus « sain », tant au point de vue de la physiologie végétale qu'à celui de l'alimentation humaine ? C'est ce que doit s'efforcer d'établir une recherche scientifique qui ne considère pas seulement le rendement en poids

(Archives de la Station agronomique de l'O.N.I.A.).

qu'ils soient tous les deux dans la même situation physiologique.

Mais pourquoi juger d'une plante en la comparant aux voisines dont le patrimoine héréditaire n'est sans doute pas identique ? Pourquoi ne pas la comparer à elle-même ? Nous disposerions de chiffres beaucoup plus significatifs, indépendants des différences génétiques. Il existe un équilibre entre les diverses parties du pied de blé au moment de l'épiaison — comme à tout autre moment de la végétation — et cet équilibre vital se maintiendra même avec un taux et des chiffres différents : il ne variera que si l'état physiologique de la plante varie. Nous devinons en cet équilibre une possibilité d'accès à l'étude de la physiologie normale et, par voie de conséquence, au diagnostic de la santé de la plante.

Essais de diagnostic. — Lorsque la chimie devint une science précise, beaucoup d'agronomes pensèrent qu'ils avaient désormais en mains un instrument merveilleux pour connaître les besoins de la plante et diagnostiquer avec certitude les carences ou les déséquilibres de son alimentation. Innombrables furent les essais, innombrables les déceptions, et le problème devenait de jour en jour plus complexe. Nous allons essayer de schématiser cette histoire.

Les premières analyses précises des végétaux établirent assez vite la conviction que certains des éléments rencontrés, beaucoup peut-être, ne sont pas indispensables à la végétation, qu'ils se trouvent là seulement par suite de leur abondance dans le sol et que la plante pourrait fort bien s'en passer.

On entreprit alors des cultures sur milieu totalement artificiel composé de quantités précises d'éléments connus. On réduisit de plus en plus le nombre des éléments, et on diminua leurs doses pour ne conserver que l'indispensable. Dans cette ligne s'illustrèrent Raulin et Knopp et, plus récemment, dans la ligne féconde des oligo-éléments, G. Bertrand.

Le problème pratique pour les agronomes est de savoir si le sol convient pour les cultures que l'on se propose d'y faire, s'il fournira tous les éléments nécessaires à une bonne récolte.

Pour doser les éléments du sol, les méthodes employées furent celles de toute bonne analyse qui, pour ne pas laisser de matière indosée, attaque brutalement l'échantillon par des réactifs énergiques. On se rendit vite compte que de telles analyses ne signifiaient pas grand-chose et que les éléments intéressants ne sont pas tous ceux qui existent, mais uniquement ceux que la plante peut extraire du sol.

Tandis que s'élaboraient des méthodes plus délicates pour ne faire entrer dans l'analyse que les éléments immédiatement assimilables, Neubauer eut l'idée d'utiliser le végétal lui-même comme réactif. Il pensa que la période de germination et de première croissance est le stade le plus actif et le plus nécessiteux à la fois, celui qui prend tout ce qui est susceptible d'être pris.

Sur une petite quantité de terre, il ensemence un grand nombre de grains. Lorsque ces grains ont germé et terminé leur première période de croissance, il enlève ces jeunes plantes et sème d'autres grains, et ceci une troisième, une quatrième fois, jusqu'au moment où les plantes ne peuvent plus se développer parce que les aliments indispensables à leur vie sont épuisés. La somme totale des éléments assimilables est passée dans les plantes qu'il suffit d'analyser.

Il n'est pas douteux que cette méthode représente un remarquable progrès et qu'il est difficile de mieux discerner dans le sol les éléments intéressants de ceux qui ne le sont pas, puisque

la plante elle-même fait ce discernement. Nous nous écartons cependant des conditions concrètes aussi bien pour le sol que pour la plante.

Pour le sol, nous ne tenons pas compte de l'environnement, du sous-sol en particulier et des interférences qui peuvent survenir et modifier plus ou moins profondément cette couche superficielle dans laquelle s'enfoncent les racines. Toute une science, la Pédologie, est née de ces préoccupations.

Lorsqu'il aborda l'étude générale des engrais et des besoins de la plante, Lundegardh avait d'abord projeté de faire une triple analyse, celle de la plante, celle du sol et celle du sous-sol. Il abandonna bientôt ces deux dernières pour se contenter de la plante, et même d'une partie de la plante.

Au lieu d'étudier comme Neubauer les plantes en germination sur une petite quantité de terre, Lundegardh étudie les plantes de plein champ et les analyse au moment où commence à s'amorcer leur déclin. Elles sont encore vertes, en pleine forme, ayant pris dans le sol tout ce dont elles avaient besoin. Leur analyse nous donnera des indications sur la « quantité active », la quantité que la plante puise effectivement dans le sol.

Les organes les plus intéressants sont les feuilles, parce qu'en elles s'accumulent d'abord les substances minérales que la sève conduit jusque-là, grâce à la transpiration en particulier; ces feuilles seront des indicateurs de niveau particulièrement favorables puisque le taux des éléments dans la plante dépendra de leur abondance dans les feuilles. Lundegardh parle de « miroir foliaire », miroir où se reflètent toutes les variations, dans lequel tout s'intègre et se compénètre.

En pratique, il choisit une cinquantaine de plantes qui représentent plus ou moins l'ensemble du champ. Il analyse l'azote, le phosphore et le potassium de leurs feuilles et rapporte les quantités à 100 g de feuilles sèches. Ces chiffres varient en fonction du rendement. Il est dès lors facile de construire une courbe qui permettra de se rendre compte, d'après une analyse donnée, à quel point de la courbe nous nous trouvons et s'il est possible d'augmenter ce rendement par une fourniture supplémentaire d'engrais.

En face de cette méthode qui s'intitule « de triple analyse », nous trouvons la méthode du « diagnostic foliaire » de Lagatu et Maume. Bien qu'elle soit antérieure à la méthode de Lundegardh dont le but était de la perfectionner, nous en parlons après parce que, du point de vue physiologique, elle nous semble plus précise et mieux fondée.

Toutes les deux prennent leurs échantillons en plein champ, toutes les deux analysent les feuilles comme l'organe le plus caractéristique et le plus représentatif, mais la méthode du diagnostic foliaire a le grand mérite de ne pas attribuer à toutes les feuilles la même importance; elle est attentive à leurs différences et n'admet pas la comparaison de deux feuilles qui n'occupent pas dans la plante la même place et n'ont pas le même âge physiologique. Au lieu de faire porter l'analyse sur l'ensemble des feuilles, on choisit les feuilles les plus identiques qu'il est possible de trouver sur des plantes du même âge. Cette exigence de précision dans l'échantillonnage s'appuie-t-elle sur de nombreuses analyses ou bien sur une intuition remarquable de la vie végétale ? Nous l'ignorons, mais nous ne pouvons que souligner l'importance de ce détail qui situe cette méthode d'analyse au-dessus de toute critique.

La présentation des résultats est très élégante. Elle se place au point de vue agronomique pour qui sont pratiquement seuls à compter trois éléments : azote, phosphore, potassium (N, P, K). Les résultats de chaque analyse sont représentés par un point placé dans un triangle équilatéral. Chaque sommet du triangle représente un des trois éléments dont la quantité est indiquée sur la bissectrice qui émane de ce sommet, et cette quantité sera d'autant plus faible que nous serons plus loin du sommet. Puisque ces trois éléments sont les seuls à nous intéresser, nous en faisons une somme : de cette somme chacun représente un certain pourcentage. Il est dès lors possible de n'avoir, pour les trois, qu'un point unique dont la place est déterminée par la projection sur les trois bissectrices (fig. 3).

Pour prendre un exemple concret, supposons que les analyses d'un diagnostic foliaire nous aient donné en milliéquivalents les valeurs de 150 pour l'azote, 10 pour le phosphore et 40 pour le potassium. Le total de ces trois chiffres égale 200, ce qui correspond à 75 pour 100 en azote, 5 pour 100 en phosphore et 20 pour 100 en potassium : le point se situera assez près du sommet N et très loin du sommet P.

L'intérêt de cette notation, du point de vue physiologique, est de retenir pour les analyses, non les chiffres bruts des dosages, mais le rapport de ces chiffres entre eux. Du point de vue agronomique, les conclusions sont faciles à tirer : toutes les analyses étant représentées par des points, il est possible de repérer pour tel champ ou telle région la zone du meilleur rendement, car les points fournis par les pieds bien approvisionnés se situent normalement dans une aire assez bien circonscrite. Dès qu'un point se situe hors de cette aire, il est facile de préciser les éléments manquants et de conclure à l'engrais qu'il convient d'apporter pour rejoindre l'aire idéale (fig. 4).

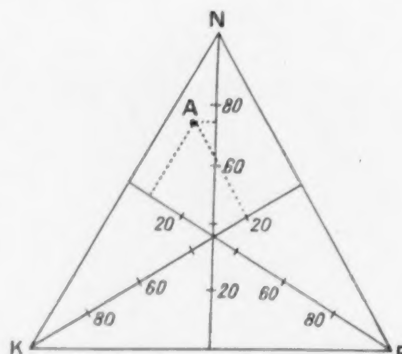
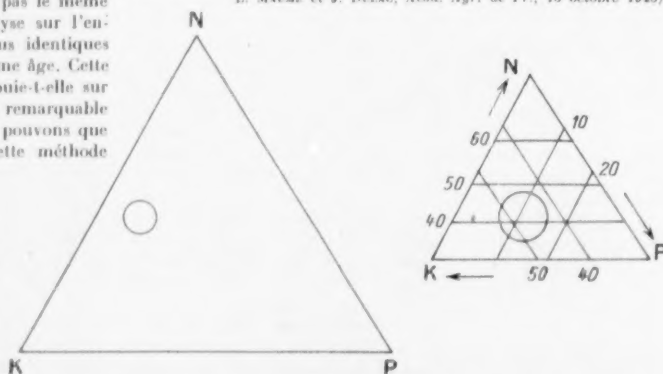


Fig. 3. — *Représentation des résultats du « diagnostic foliaire ».* Le point A représente une analyse qui a donné 20 pour 100 de potassium, 75 pour 100 d'azote et 10 pour 100 de phosphore.

Fig. 4. — *Zone où se situe le diagnostic foliaire des bons vignobles.* En pratique et pour plus de précision, on ne représente que la partie intéressante du triangle dont on cote les côtés (triangle de droite) (d'après L. Maume et J. Dulac, *Acad. Agr. de Fr.*, 13 octobre 1948).



Physiologie et santé. — Si les agronomes peuvent se contenter d'un seul détail pour l'analyse des plantes dont ils veulent tirer le meilleur rendement, le physiologiste désire plus de précisions, car ce n'est pas le rendement, mais la santé qui l'intéresse. Nous voudrions montrer que le problème peut être clairement posé, et qu'il sera bientôt sans doute résolu.

La diversité de la plante nous a montré de très grandes variations dans les différentes parties de la tige de blé. Ces variations ne sont pas quelconques, et nous retrouvons les rapports qui les unissent dans tous les pieds du même âge. Mais, si leur condition physiologique varie, il est à prévoir que ces rapports varieront également.

Pour vérifier cette hypothèse, nous avons entrepris des cultures comparatives dans lesquelles variait un seul élément, l'azote : la quantité disponible commençait par être nettement insuffisante et s'élevait progressivement jusqu'à une dose toxique, depuis une terre fortement diluée dans du sable jusqu'à une dose massive correspondant à 3 000 kg à l'hectare. Des pesées, des dosages furent faits par milliers, portant sur toutes les parties de la plante aux principales époques de la végétation. Des courbes furent tracées pour étudier les variations des taux en fonction des doses croissantes d'engrais. Nous allons considérer quelques-unes de ces courbes au moment de l'épiaison.

Le poids total moyen est très faible pour un pied en déficit d'azote. Il augmente progressivement avec les doses croissantes d'engrais, jusqu'au point où, trop abondants, ceux-ci deviennent gênants, puis toxiques; la courbe s'infléchit alors et baisse rapidement. Ce point d'inflexion nous indique un maximum de rendement pour un apport de 200 kg d'azote à l'hectare. A 1 000 kg, et surtout au-dessus, l'azote est toxique : le jeune pied, à peine développé, s'étiole et meurt (fig. 5 et tableau II).

L'allure d'une telle courbe est tout à fait classique. La vie de la plante s'accommode d'une grande diversité dans le poids total, et c'est pourquoi nous trouvons ici des variations assez régulières depuis 2 g jusqu'à 12 g. Il n'en est pas toujours ainsi, surtout lorsque les courbes représentent les éléments essentiels : leur importance est trop grande pour que la plante s'accommode ici de n'importe quel taux. Des mécanismes de stabilisation ou même de régulation interviennent, moins précis que pour les animaux, certes (que l'on songe à tous les mécanismes intervenant pour le maintien de la glycémie dans notre organisme !) mais qui ne manquent pas d'efficacité. Il en résulte des courbes qui ne varient plus progressivement, si ce n'est avant ou après l'obtention du taux normal lorsque la quantité d'azote est vraiment trop petite pour que le taux normal s'établisse, ou bien lorsque l'azote est vraiment trop abondant pour la plante qui n'arrive plus à le « maîtriser ». En dehors de ces situations anormales, de larges variations extérieures ne modifient guère le taux normal.

Ainsi en est-il du taux des protides dans le plus haut entre-nœud, celui qui supporte l'épi. L'importance vitale de cette partie est évidente, puisque tout ce qui parvient à l'épi passe par elle. Son rôle physiologique n'est pas encore bien clair, mais nous constatons du moins dans cet entre-nœud que le haut est assez différent du bas, comme l'atteste leur taux de protides et les variations de ce taux en fonction de l'abondance d'azote. Le bas présente une remarquable stabilité, une invariance à peu près totale, puisque, même sur un milieu presque totalement privé d'azote, se maintient, avec des variations individuelles, le même taux que sur le milieu très riche; pour le dernier pied cependant, l'azote est vraiment trop abondant et, d'un seul coup, le taux de protides double.

Le sommet de cet entre-nœud, deux fois plus riche en moyenne, se comporte différemment. Pour les terres privées d'azote, la quantité de protides, quoique supérieure à celle du bas de l'entre-nœud, est assez faible; mais elle augmente avec l'azote du milieu et, très vite, s'établit à un taux de 5 pour 100 qui se maintient jusqu'au moment où les engrais surabondent : un taux supérieur s'établit alors, qui ne se maintient pas; tandis qu'il baisse, celui du bas de l'entre-nœud monte et les deux courbes en arrivent presque à se rejoindre.

Si, au lieu de l'entre-nœud du sommet, nous considérons un nœud du milieu de la tige, le troisième en descendant, le taux des protides se comporte différemment. Nous trouvons ici une courbe à minimum qui nous révèle une tout autre physiologie. *Si l'azote manque dans le sol, ce nœud est encombré de protides, dont le taux baisse à mesure qu'augmente l'azote disponible.* Dès que l'azote est à peu près suffisant, la décroissance se fait moins grande, mais continue. Cette légère baisse, contemporaine de la stabilité du haut de l'entre-nœud, semblerait nous indiquer que le blé parvient à ce niveau, même dans des conditions qui ne sont pas optimales. Une telle courbe nous invite à considérer comme le meilleur ce point où le sol a reçu

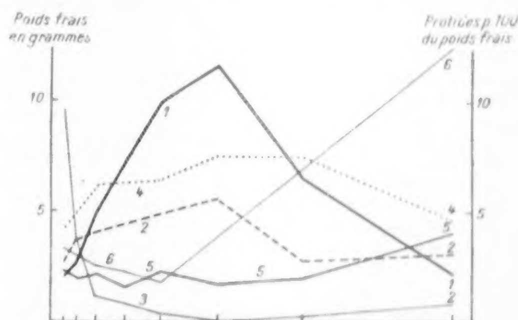


Fig. 5. — *Analyses de blé au moment de l'épiaison.*

1, poids frais d'un pied moyen ; 2, glucides du limbe de la plus haute feuille ; 3, osides du plus haut entre-nœud ; 4, protides du sommet du plus haut entre-nœud ; 5, protides du bas du plus haut entre-nœud ; 6, protides du troisième nœud. En abscisses, les pieds de blé, à des distances proportionnelles à l'azote dont ils disposent respectivement.

une dose d'engrais correspondant à environ 100 kg d'azote à l'hectare, car, au-dessus de cette dose, nous voyons le taux des protides du nœud s'élever progressivement, en fonction même de l'accroissement des engrais : on a l'impression que la plante ne contrôle plus ce taux.

Tableau II

Analyse des diverses parties d'un blé au moment de l'épiaison en fonction des conditions de culture

Teneur (pour 100 du poids frais)	Terre diluée			Terre seule	Terre + engrais à l'ha environ			
	à 1/10	à 1/2	aux 2/3		100 kg	200 kg	400 kg	800 kg
Glucides, 1re feuille	1,30	2,50	3,10		3,80	4,34	2,20	2,34
Osides, 1er entre-nœud	7,35	2,50	0,87	0,60	0,11	traces	0,05	0,47
Protides, 3e nœud	3,70	3,12	2,27	2,21	1,82	2,70	6,60	8,70
Protides, 1er entre-nœud, haut	3,34	4,16	5,15	5,05	5,05	6,35	6,45	4,80
Protides, 1er entre-nœud, bas	2,22	1,92	2,08	1,80	2,25	1,88	2,21	4,28
Poids d'un pied (grammes)	2,02	2,42	5,50	7,00	10,35	12,10	7,13	1,92

Si, au lieu des protides, nous considérons les glucides, nous ne trouvons plus de courbe à taux normal, mais des courbes à maximum ou bien à minimum. Les glucides solubles du limbe de la première feuille, par exemple, sont intéressants parce que représentant la partie de la plante la plus vivante et la plus active. Leur taux s'élève d'abord rapidement en fonction de l'augmentation d'azote du sol, mais bientôt la pente de la courbe devient moins grande, au moment où le blé parvient à son taux normal de protides dans le haut de l'entre-nœud du sommet; elle continue cependant à monter pour atteindre son maximum en même temps que la courbe du rendement. Cette courbe serait intéressante pour la prévision du rendement : elle témoigne de la vitalité de la plante et de son activité synthétisante.

Une autre courbe instructive est celle du plus haut entre-nœud pour le saccharose et les autres glucides de poids moléculaire plus élevé. Laissons de côté les sucres simples ou oses (glucose et fructose) pour ne retenir que les osides. Il se trouve que leur courbe prend l'allure inverse de celle des glucides de la plus haute feuille, avec son point d'inflexion pour le même apport d'engrais. Les osides sont des produits de condensation et leur abondance témoigne d'une stase trop prolongée qui ne se produit pas lorsque la plante est très active : alors, les osides ont pratiquement disparu.

Beaucoup d'autres courbes seraient intéressantes à considérer. En nous bornant à celles dont nous venons de parler et qui sont assez caractéristiques, nous constatons que celles des glucides et du poids frais ont leur inflexion maximale ou minimale au même endroit, pour le même apport d'engrais (environ 200 kg/ha) tandis que les courbes de protides marquent un point critique pour une richesse bien moindre. L'optimum pour la plante se trouverait donc entre ces deux points, sans que nous puissions donner à la suite de cette expérience, la seule que nous retenons ici, aucune précision mais seulement délimiter la zone intéressante, car, pour saisir nettement les points d'inflexion, il fallut augmenter démesurément l'écart entre les points de la courbe.

Cependant, si nous cherchons un maximum, il n'est pas douteux qu'il faut nous rapprocher du second point d'inflexion, celui des glucides et du poids total; si nous cherchons un optimum physiologique, la courbe des protides devient significative, et nous devons tenir compte de ce point critique qui se situe avant le maximum de rendement. Avec ce maximum, certains taux de protides demeurent encore normaux, mais certains autres, ceux des nœuds par exemple, attestent que la plante ne commande plus leur taux qui se met à varier en fonction de l'accroissement des engrais : nous entrons dans le domaine pathologique.

* * *

Notre connaissance des plantes est désormais assez avancée pour que nous puissions préciser un optimum, non plus seulement de rendement, mais un optimum physiologique, un état que nous pourrions appeler d'euphorie ou de santé. Bien mieux, nous pouvons préciser les limites de cet état, non par référence à des moyennes statistiques fournies par les chiffres bruts des dosages, mais par la considération de la plante elle-même. L'étude des courbes ne vient-elle pas de nous révéler que les différences de taux ont une signification physiologique ? Une carence, même légère, d'azote se révèle par de multiples indices : certains taux s'élèvent, tandis que d'autres s'abaissent, certaines substances s'accumulent au lieu de migrer, etc.; bref, l'équilibre interne se modifie et deux ou trois dosages sur des fragments bien choisis permettent de saisir ces modifications.

Il est dangereux pour un malade, et plus encore pour un homme en bonne santé, de se confier à un médecin trop convaincu de la valeur des statistiques qui veulent qu'à tel âge soient normaux tel poids, telle pression artérielle, tel rythme cardiaque, etc. : le patient sera sûrement anormal sur tel ou tel point et il risque fort de perdre la santé pour trouver la normalité.

La santé se réalise dans un harmonieux équilibre interne des organes et des fonctions. Chaque individu, chaque plante a son équilibre propre et, plus que la normalité de tel ou tel chiffre, c'est le maintien de cet équilibre qui caractérise la santé.

Il est important de connaître assez bien cet équilibre interne si l'on veut percevoir tout de suite les déséquilibres commençants ou prévoir les dangers. Le rendement d'une machine est d'autant meilleur qu'elle fonctionne dans de meilleures conditions. Notre emprise sur le monde végétal sera d'autant plus grande que nous aurons mieux pénétré ses « mécanismes », sa physiologie, que nous préviendrons les maladies ou les carences au lieu de les soigner. Voilà l'une des tâches de la Physiologie végétale, et cette tâche n'est plus au-dessus de nos forces.

JULES CARLES,
Maître de Recherches au C.N.R.S.

LES PERLITES

Au point de vue pétrographique, on a désigné par le nom de perlites un groupe particulier de roches éruptives vitreuses composées, en totalité ou en grande partie, d'éléments qui forment de petits globules ou des polyèdres. Ces globules sont formés, comme les perles, de couches minces qui s'emboîtent comme les tuniques d'un oignon, ou bien se présentent en une masse indivise semblable à du verre ou à de l'émail. Cette pâte vitreuse, dans laquelle la silice atteint une proportion de 70 pour 100 à 80 pour 100, renferme un nombre énorme de microlithes produits par dévitrification.

En dehors des perlites franches, la texture perlitique se trouve accidentellement parmi les roches vitreuses correspondant aux rhyolites et aux porphyres quartzifères. Elles peuvent contenir environ 5 pour 100 d'eau. Cette texture peut se rencontrer dans d'autres roches volcaniques mais le fait est assez rare.

Sous l'action de la chaleur, par suite de leur teneur en eau, les perlites se transforment en une poudre fine, dont le volume peut atteindre dix fois celui de la roche initiale. Cette poudre, qui trouve de nombreux emplois aux États-Unis, conserve dans le commerce le nom de perlites. Un mélange de 100 l de perlites et de 100 kg de plâtre fournit un produit de revêtement léger, insonore et calorifuge. On obtient des effets analogues avec les ciments.

Les perlites sont utilisées comme calorifuges pour les fours, les canalisations, les pipe-line, etc., comme adjuvants de filtration et comme charges dans divers produits industriels. On en fait des blocs et des briques légères, etc.

Étant donné la diversité des roches utilisées pour la préparation des perlites, les produits obtenus sont très différents, surtout en ce qui concerne leur densité apparente. Pour développer l'emploi, et pour fixer les normes des produits commerciaux, les producteurs ont fondé le « Perlite Institute ». L'American Society for Testing Materials a publié des spécifications précises auxquelles doivent correspondre les produits offerts au commerce.

La consommation de perlites aux États-Unis, qui ne fut en 1946 que de 3 800 t, a atteint 53 000 t en 1949 et 190 000 t en 1954.

D'après le Perlite Institute, 75 à 80 pour 100 du tonnage est destiné, d'une part à l'établissement de planchers légers, en agrégats de ciment, et d'autre part, en panneaux et en revêtement à base de plâtres légers, calorifuges et insonores.

L. P.

La laine, fibre inimitable par ses dix-huit amino-acides

Devant l'extension prodigieuse des matières textiles artificielles, il ne faudrait pas croire que les industries des textiles d'origine végétale et animale se résignent à un effacement progressif. Le coton, le jute, le sisal et d'autres fibrès végétales se maintiennent vigoureusement, de même que la laine, et si ces produits naturels sont surclassés pour certains usages, si pour d'autres ils composent avec leurs rivaux synthétiques et se prêtent à des associations, ils continuent à affirmer leur supériorité, voire leur monopole, dans quantité d'emplois. Ainsi le jute pour les sacs.

L'industrie lainière manifeste sa vitalité en suscitant de nombreuses recherches scientifiques et techniques dont on a pu prendre une vue d'ensemble au cours de la première Conférence internationale de la recherche textile lainière, tenue du 20 août au 9 septembre 1955 à Melbourne, sous les auspices du Comité de recherches du Commonwealth et du Bureau australien de la Laine. Cinquante-deux savants et techniciens de tous les pays, dont deux français, y ont fait le point des plus récentes connaissances sur la constitution de la fibre de laine, les progrès des traitements et peusieurs découvertes susceptibles d'être exploitées par l'industrie lainière.

Les propriétés de la laine sont dues à la complexité de sa fibre que, pour l'instant du moins, la synthèse organique serait incapable d'imiter. Au point de vue chimique, la laine appartient au groupe des kératines, scléroprotéines fibreuses qui constituent également les poils, les plumes, les ongles, les cornes, etc.

Les kératines ont suscité un grand nombre de recherches. Ce sont principalement les travaux du professeur W. T. Astbury qui ont éclairé la constitution de la laine. On y trouve au moins dix-huit amino-acides : leucine, acide glutamique, arginine, proline, cystine, alanine, tyrosine, etc. Toutes les kératines contiennent du soufre, par suite de la présence de cystine.

Les clichés de diffraction des rayons X obtenus avec la fibre dans son état naturel sont assez peu riches en détails et voilés d'un halo amorphe important (kératine α). Mais si l'on étire lentement la kératine dans de l'eau chaude ou dans un alcali dilué, il est possible de l'allonger élastiquement au double de sa longueur primitive et en même temps le cliché de diffraction devient plus net. Dans cette fibre de kératine tendue (kératine β) les chaînes d'amino-acides sont en extension. Cette étude a démontré que les chaînes des molécules ne sont pas rectilignes mais enroulées sur elles-mêmes de façon à constituer de minuscules ressorts, ce qui explique l'élasticité de la fibre de laine, dont la constitution est toutefois loin d'être complètement connue.

Il est maintenant possible de dissoudre la laine par une série d'extractions chimiques complexes qui, d'après M. F. G. Lennox, doyen de l'Organisation de recherches du Commonwealth, a donné la première solution pure de laine que l'on ait jamais obtenue. M. R. L. M. Synge, prix Nobel, a exposé à la Conférence de Melbourne les méthodes qui permettent d'analyser les solutions de laine par les méthodes chimiques et physico-chimiques les plus modernes.

Un nouveau procédé de lavage a été présenté par son inventeur, M. J. F. Sinclair. Il consiste à dégraisser la laine à l'aide de *white spirit*, au lieu de la traiter, comme on a généralement l'habitude de le faire, par des solutions à base de savon. Le procédé serait plus rapide et plus efficace que les méthodes traditionnelles.

Le professeur Harold Lundgren, du département de l'Agriculture des États-Unis, a montré comment il est possible de prévenir le jaunissement de la laine grâce à des dérivés organiques du titane. Il est parvenu à isoler, à partir de la laine brute, une substance qui accélère le jaunissement. Quand on éliminera cette substance des laines livrées à l'industrie, elles pourront être lavées et exposées au soleil sans altération de leur couleur.

Pour rendre la laine irrétrécissable plusieurs méthodes ont été élaborées. Les unes consistent à la traiter par des résines polymérisées après diverses opérations chimiques qui modifient la surface de la fibre. D'autres recourent à des solutions de peroxyde d'hydrogène ou d'acide peracétique dilué et de caséine; d'autres encore à un traitement par l'alcali alcoolique.

En ce qui concerne les traitements « antimites », il semble qu'un des plus efficaces repose sur l'emploi d'un produit qui fait partie d'un nouvel insecticide : la Dieldrine.

Ses effets persistent même après des lavages fréquents et prolongés et il se montre également actif contre les insectes qui s'attaquent aux tapis. On suppose qu'une association chimique étroite se crée entre la laine et certains éléments de la substance utilisée, comme avec une teinture.

Dans sa conférence terminale, à l'Université de Melbourne, M. E. C. Carter, conseiller scientifique du Secrétariat international de la Laine, a exposé toutes les raisons qui font de la laine une fibre irremplaçable, en particulier pour les vêtements. Opposant la richesse de composition de la laine à la « simplicité spartiate » des fibres synthétiques, il a conclu :

« Aucun directeur de production dans une usine de fibres synthétiques ne voudrait se risquer à résoudre le problème d'assembler dans une même fibre, trois ou quatre composants et, si quelque savant mal inspiré présentait jamais l'idée d'une fibre encore plus miraculeuse faite de 18 matières premières, il se verrait traîné sans ménagement chez un aliéniste. C'est pourtant une telle fibre que le bon vieux mouton fabrique paisiblement jour après jour tout au long des mois durant lesquels pousse sa toison. Il est vrai qu'il n'est surveillé par aucune commission de productivité ou d'étude des attitudes de travail. »

L. P.

Refroidissement urbain

A Northland, près de Detroit (Michigan), une société a inauguré la livraison de frigories à domicile par circulation d'eau glacée. L'installation, qui dessert actuellement six immeubles, comprend des canalisations principales en fonte de 75 cm de diamètre sur 660 m de long, enterrées dans le sol sans isolation, ce qui entraîne un relèvement de température de 1,5° C environ. La pression est de 2,8 kg/cm². La fourniture à chaque client est mesurée par un compteur qui est une combinaison d'un compteur ordinaire pour mesurer le volume débité et d'un thermopotentiomètre qui enregistre la différence de température de l'eau à l'entrée et à la sortie du poste d'utilisation.

Niobium au Tanganyika

On annonce la découverte d'un important gisement de pyrochlore de haute qualité à Panda Hill, près de Mbeya (Tanganyika). Le pyrochlore est un niobioxyfluorure de calcium et de sodium naturel ($NaCaNb_2O_6F$). Ce minerai est destiné à jouer un rôle important pour l'approvisionnement futur en niobium des industries sidérurgiques. Le niobium ou colombium est de plus en plus demandé ; il joue, comme le titane, le rôle de stabilisant dans les aciers austénitiques inoxydables du type 18/8. Dans les alliages réfractaires, le niobium joue ce même rôle de stabilisant et augmente la résistance au fluage, de même que dans les superalliages destinés à servir à des températures supérieures à 700° C.

LE CIEL EN DÉCEMBRE 1955

SOLEIL : du 1er au 22 sa déclinaison décroît de $-21^\circ44'$ à $-23^\circ27'$ (minimum), puis revient à $-23^\circ8'$ le 31 ; la durée du jour passe de 8^h32^m le 1er, à 8^h9^m le 22 (minimum), puis revient à 8^h15^m le 31 ; diamètre apparent le 1er = $32'29'',7$, le 31 = $32'35'',1$. — **LUNE :** Phases : D. Q. le 6 à 8^h35^m, N. L. le 14 à 7^h7^m, P. Q. le 22 à 9^h39^m, P. L. le 29 à 3^h44^m ; *apogée* le 15 à 7^h, diamètre app. $29'24''$; *périgée* le 29 à 0^h, diamètre app. $33'30''$. Principales conjonctions : avec **Uranus** le 3 à 11^h10^m, à $4^\circ29'$ S. ; avec **Jupiter** le 5 à 15^h4^m, à $6^\circ29'$ S. ; avec **Neptune** le 10 à 3^h19^m, à $5^\circ52'$ S. ; avec **Mars** le 10 à 17^h35^m, à $4^\circ18'$ S. ; avec **Saturne** le 12 à 6^h50^m, à $3^\circ51'$ S. ; avec **Mercure** le 14 à 19^h41^m, à $2^\circ44'$ N. ; avec **Vénus** le 16 à 20^h3^m, à $4^\circ38'$ N. ; avec **Uranus** le 30 à 20^h3^m, à $4^\circ25'$ S. Principales occultations : le 4, de α *Cancer* (mag. 4,3, immersion à $2^h55^m,4$; le 7, de *e Lion* (mag. 5,1) émersion à $2^h20^m,2$; le 26, de ξ *Bélier* (mag. 4,5) immersion à $2^h31^m,9$; le 28, de *N Taureau* (mag. 5,1) immersion à $2^h5^m,8$. — **PLANÈTES : Mercure,** est invisible, en conjonction sup. avec le Soleil le 4 ; **Vénus,** dans le *Sagittaire*, devient une belle étoile du soir, se couche le 27 à 18^h18^m, soit 2^h20^m, après le Soleil ; **Mars,** dans la *Vierge* devient de mieux en mieux visible le matin, se lève le 27 à 3^h51^m ; **Jupiter,** près de *Régulus* à l'est, devient magnifique, visible la majeure partie de la nuit, se levant le 27 à 20^h44^m, diamètre pol. app. $38''6$; **Saturne,** dans la *Balance*, commence à se montrer le matin, se lève le 27 à 4^h40^m ; **Uranus,** dans le *Cancer*, visible toute la nuit, position le 27 : 8^h14^m et $+20^\circ26'$, diamètre app. $3'',8$; **Neptune,** de mieux en mieux observable le matin dans la *Vierge*, se lève le 27 à 2^h8^m. — **ÉTOILES VARIABLES :** minima observables d'*Algol* ($2^m,3$-$3^m,5$) le 3 à 19^h12^m, le 17 à 3^h22^m, le 21 à 0^h14^m, le 23 à 20^h53^m, le 26 à 17^h46^m ; minima de β *Lyre* ($3^m,4$-$4^m,1$) le 7 à 15^h22^m, le 20 à 13^h41^m ; maxima de δ *Céphée* ($3^m,8$-$4^m,6$) le 5 à 1^h55^m, le 16 à 19^h12^m, le 22 à 4^h19^m ; maximum de *R Corbeau* ($5^m,9$-$14^m,4$) le 13, de *R Lion* ($4^m,4$-$11^m,6$) le 22. — **ÉTOILE POLAIRE :** Passage supérieur au méridien de Paris : le 7 à $20^h41^m23^s$, le 17 à $20^h1^m56^s$, le 27 à $19^h22^m27^s$, le 31 à $19^h6^m39^s$.

Phénomènes intéressants. — Commencement de l'**hiver,** le **22,** à 15^h11^m.— Le **14**, Éclipse annulaire de Soleil, invisible en France, maximum à 7^h2^m, grandeur : 0,959. — **Observer** pendant **tout le mois,** que **Jupiter** est à peu près **stationnaire,** à l'**Est** de **Régulus.** — **Étoiles filantes :** du **9** au **12, Géminides** (maximum le **12**), radiant α **Gémeaux (Castor).**

(Heures données en **Temps universel,** tenir compte des modifications introduites par l'heure légale).

L. TARTOIS.

Le bisulfure de molybdène lubrifiant

Les propriétés lubrifiantes de la poudre de bisulfure de molybdène sont connues depuis longtemps, mais l'emploi de ce produit remarquable n'a pu se développer à l'échelon industriel que depuis trois ou quatre ans, après que M. A. Sonntag eut réussi à fabriquer ce produit à un très grand degré de pureté et, par conséquent, exempt de substances abrasives (connu sous la dénomination « Molykote »), après également que furent diffusés les résultats des essais, tenus longtemps secrets, réalisés par l'Organisme de Recherches de l'Aéronautique américaine. Nous emprunterons quelques renseignements à la documentation de la Société française Impex.

Pendant quelques années le nouveau lubrifiant a semblé réservé à l'aéronautique, pour les surfaces frottantes portées à haute température dans les turbo-réacteurs, et pour les instruments de navigation. Mais son usage s'est rapidement étendu à d'autres techniques dans différents pays et, en juillet dernier, un Congrès international tenu à Bad-Ragaz (Suisse) a été consacré au bisulfure de molybdène.

Des communications ont porté notamment sur l'utilisation de ce produit pur ou en mélange sur divers supports, sur les poudres ultra-fines, sur son emploi sous forme de pâte ou comme additif extrême pression, ainsi que sur les machines pour essais des lubrifiants, les avantages de certains traitements des surfaces : phosphatation, sulfinization, avant l'application de sulfure de molybdène, etc. Les emplois de ce lubrifiant par les chemins de fer allemands, notamment dans le graissage des paliers lisses, par l'aéronautique suisse pour les moteurs à explosion, par les usines sidérurgiques belges et luxembourgeoises pour le graissage des paliers des rouleaux de laminoir, des paliers de four, des commandes de cônes d'enfournement des hauts fourneaux, etc., ont été exposés et discutés. Une expérience spectaculaire a été réalisée en Suisse : une automobile a réalisé un parcours de 500 km en montagne sans huile dans le moteur, grâce à un graissage au Molikote.

Le bisulfure de molybdène n'est pas destiné, pourtant, à supplanter les autres lubrifiants ; son emploi semble réservé aux températures très élevées ou très basses et aux pressions anormales, lorsque les huiles minérales ne sont plus efficaces.

La culture du sisal en Afrique équatoriale française

Cultivé depuis la fin de la guerre seulement en Oubangui-Chari, le sisal prend peu à peu, dans l'économie de ce territoire, une importance de premier ordre. Les exportations avaient été de 100 t en 1945. La production prévue en 1955 est de l'ordre de 15 000 t, grâce à l'entrée en exploitation des plantations faites il y a plusieurs années. Jusqu'à présent la culture n'avait pas été mécanisée, la main-d'œuvre locale suffisait pour les coupes périodiques. Mais les extensions envisagées posent des problèmes qu'on pense résoudre en appliquant aux plantations la coupe unique et le défibrage à sec, l'un et l'autre mécanisés. On abaisserait ainsi les prix de revient et on tirerait profit de produits secondaires actuellement perdus. Les déchets du défibrage seraient reportés dans les champs qui récupéreraient ainsi une part importante de leurs principes fertilisants *(Encyclopédie mensuelle d'Outre-Mer)*.

L'énergie électrique en France

D'après les statistiques établies par l'Électricité de France, portant sur 95 pour 100 environ de la production totale, la production et la consommation de l'énergie électrique en France en 1954 s'établit comme suit :

Production	Hydraulique	23 418,5.10⁶	kWh
	Thermique	19 237,0	»
Pompage (différence entre l'énergie utilisée pour le pompage et celle produite par l'eau accumulée)		107,1	»
Soit une production totale de		42 762,6	»
Consommation (y compris les pertes de transport et de transformation)		42 437,8	»

La différence entre la production et la consommation (324,8.10⁶ kWh) représente les échanges avec des pays voisins (Belgique, Luxembourg, Sarre, Allemagne, Suisse, Italie, Espagne, Andorre) et comprend également la part française de la production de l'usine du Chatelot.

Fluidization in Practice. 1 vol. 21 × 27. Polytechnic Institute of Brooklyn, Brooklyn, New-York, 1955.

La fluidification, nouvelle technique née pendant la dernière guerre mondiale dans l'industrie du pétrole aux U.S.A., est en voie de trouver des applications dans divers secteurs de l'industrie chimique. A l'occasion de son centenaire, le Polytechnic Institute of Brooklyn a réuni un colloque sur cette importante question et il nous présente dans cette publication ronéotypée le texte des sept communications très intéressantes qui ont été présentées à cette occasion.

Conférence internationale sur la gazéification intégrale de la houille extraite. Institut national de l'industrie charbonnière (*Liège*). 1 vol. 21 × 30, 338 p., fig. *Les annales des Mines de Belgique*. R. Louis, Ixelles. Prix : 200 F belges.

La gazéification des charbons gras s'opère généralement en deux temps : dans un premier appareil on les soumet à une carbonisation qui fournit du gaz, des goudrons et du coke, puis dans un gazogène on gazéifie le coke, sous l'action soit de l'air, soit de la vapeur d'eau. Cette gazéification intégrale du charbon ne peut-elle pas s'opérer dans un seul appareil ? C'est ce que l'on cherche à faire depuis plusieurs années à l'aide de divers procédés de gazéification intégrale : procédé Strache, appliqué à Rome, procédé Panindco, étudié à la station expérimentale de Rouen, etc. L'Institut national de l'industrie charbonnière (Inichar) a réuni sur cette importante question une conférence internationale à Liège en mai 1954. La participation de 600 savants et ingénieurs appartenant à 29 pays et le nombre des mémoires présentés (26) ont montré que cette réunion répondait à un besoin. Cet ouvrage présente l'ensemble des communications et résume les discussions auxquelles elles ont donné lieu.

Les moteurs Diesel à grande vitesse, par P. M. Heldt, trad. de l'anglais par F Leonetti. 1 vol. 16 × 25, 463 p., 291 fig., 5ᵉ édit. Dunod, Paris, 1955. Prix, relié : 2 900 F.

Après avoir décrit le moteur Diesel et indiqué ses applications, l'auteur donne les bases de thermodynamique nécessaires à l'exposé du fonctionnement, puis étudie la combustion dans ce moteur et les combustibles utilisés. Il insiste ensuite sur les organes annexes essentiels : injecteur, pompes, etc., puis sur les moteurs eux-mêmes dont il décrit les divers types ; il traite enfin de leur mise en route, de leur entretien et consacre un dernier chapitre aux turbines à gaz. Cette 5ᵉ édition tient compte des divers perfectionnements apportés au moteur Diesel à grande vitesse, pendant et depuis la guerre dans les divers pays.

Pulp and Paper Manufacture. Vol. IV. — *Auxiliary Paper Mill Equipment*, par J. N. Stephenson, 1 vol. 16 × 24, 732 p., ill. McGraw-Hill, New-York et Londres, 1955. Prix, relié : 64 sh. 6 d.

Les trois précédents volumes de cet important ouvrage traitent des matières premières des pâtes et papiers, des procédés de fabrication et de l'équipement des usines. Ce tome les complète et traite : 1° appareils et méthodes de mesure et de contrôle usuels, et ceux spécialement destinés à la fabrication des pâtes et papiers ; 2° pompes, agitateurs et auxiliaires ; 3° techniques de manutention dans les usines ; 4° chaleur et ventilation ; 5° la très importante question de la production et de la distribution de la vapeur dans les usines à papier ; 6° propriétés et correction des eaux convenables aux fabrications ; 7° équipement électrique et son entretien ; 8° lubrification et graissage de l'équipement mécanique. Volume rédigé par des spécialistes sous la direction de l'auteur et sous les auspices du Joint Textbook Committee of the Paper Industry of the United States and Canada.

Standard Methods for Testing Petroleum and its Products. 14ᵉ édit. 1 vol. 14 × 21, xxvii-688 p., nombr. fig. The Institute of Petroleum, Londres, 1955. Prix : 40 sh.

Les combustibles liquides font l'objet d'un certain nombre de normes, ayant pour but de vérifier qu'ils répondent aux conditions qu'exige leur utilisation. L'Institute of Petroleum a depuis longtemps réuni ces normes en un ouvrage dont il nous présente la 14ᵉ édition. Nous y trouvons rassemblés tous les essais normalisés ainsi que les essais proposés à la normalisation. Un très grand nombre de ces essais sont assez empiriques et il convient par conséquent de les effectuer dans des conditions bien déterminées. La rédaction de ces déterminations donne toute garantie et on comprend combien il est commode de trouver toutes ces descriptions rassemblées dans un même volume, à l'exception toutefois des essais de résistance au choc et d'inflammabilité des combustibles pour diesel qui font l'objet d'une publication séparée.

I. P. Engine Test Methods for Rating Fuels. 1 vol. 14 × 21, 84 p., fig. The Institute of Petroleum, Londres, 1955. Prix : 1 livre.

Afin d'éviter que le volume des essais de normalisation dont nous avons annoncé ci-dessus la 14ᵉ édition ne prenne des dimensions trop considérables, le Comité de Normalisation a décidé de publier à part les normes qui concernent la détermination de la résistance au choc des carburants pour moteurs et pour aviation, ainsi que celles relatives aux essais d'inflammabilité des fuels. Ces normes font donc l'objet d'une publication de 84 pages, comparable à l'ouvrage contenant toutes les autres.

Modern Gas Analysis, par Paul W. Mullen. 1 vol. 13 × 19, 354 p., nombr. fig. Interscience Publishers, Inc., New-York, 1955. Prix, relié : 5,5 dollars.

Dans cet ouvrage comprenant deux parties, l'une consacrée à l'analyse par absorption, la deuxième aux méthodes physiques d'analyse, l'auteur passe rapidement en revue les diverses méthodes modernes d'analyse des gaz, en décrivant notamment les appareils mis au point aux États-Unis depuis une dizaine d'années et permettant un dosage quasi-automatique par conductibilité thermique, absorption infrarouge ou ultraviolette, paramagnétisme ou spectrométrie de masse, etc.

Technologie céramique ; Briqueterie, tuilerie, poterie, par Maurice PINETTE. 1 vol. 13×19, 174 p., 76 fig. Baillière et Fils, Paris, 1953. Prix : 600 F.

Tous ceux qui voudront s'initier au métier de céramiste, « métier le plus vieux du monde », comme le rappelle l'auteur, liront avec intérêt ce petit ouvrage dans lequel on nous fait suivre pas à pas les diverses étapes qui caractérisent la fabrication des briques ou des tuiles depuis l'extraction des argiles jusqu'à la sortie des fours, en passant par la préparation des pâtes, la mise en forme, le séchage et la cuisson. La terminologie du métier est bien présentée et une très belle illustration rend très attrayante la description des divers appareils.

L'Aéronautique en 1955. Numéro spécial de *La Technique Moderne*. 24,5×31, 80 p., fig. Dunod, Paris, juin 1955. Prix : 560 F.

A l'occasion du 21e Salon de l'Aéronautique, *La Technique Moderne* publie un important numéro sur les différents aspects de cette industrie et leur état actuel. Les sujets sont traités par des spécialistes éminents et permettent de suivre l'évolution rapide de la construction aéronautique. Ils vont des types d'avions les plus récents aux équipements électroniques en passant par les propulseurs supersoniques. Une grande partie du numéro est consacrée aux problèmes de fabrication et d'usinage.

Électrification du fond des mines, par C. BIHL. 1 vol. 16×25, 608 p., 403 fig. Dunod, Paris, 1955. Prix, relié : 4 800 F.

Au fond des mines l'électricité remplace progressivement l'air comprimé, incommode et cher. L'expérience française en cette matière est relativement récente et a bénéficié des réalisations anglaises et allemandes. L'auteur a réuni une documentation essentiellement pratique rédigée pour les techniciens de la mine. Après un chapitre d'introduction, il expose d'abord les questions de sécurité qui conditionnent essentiellement l'électrification du fond : sécurité contre le grisou, contre l'incendie, contre l'électrocution. Une seconde partie traite de la technique des éléments de base des réseaux d'électrification du fond : câbles armés, câbles souples, engins de coupure moyenne et basse tension, transformateurs, moteurs, etc., tous adaptés au travail au fond.

Minerais et terres rares, par Robert FOUET et Charles POMEROL. 1 vol. « Que sais-je ? », 11×17,5, 128 p., 10 fig., 40 tabl. P. U. F., Paris, 1954. Prix : 153 F.

Ce petit livre étudie succinctement les principaux minerais et leurs modes de gisement : soufre, nitrates, potasse, phosphates, fer et minerais annexes, métaux usuels et secondaires, métaux rares et précieux. La répartition géographique, la production et ses progrès font l'objet de tableaux. Utile documentation.

Les roches métamorphiques, par Charles POMEROL et Robert FOUET. 1 vol. « Que sais-je ? », 11×17,5, 120 p., 18 fig. P. U. F., Paris, 1954. Prix : 153 F.

La genèse des roches métamorphiques, c'est-à-dire des roches recristallisées dans les profondeurs du sol, a fait l'objet de nombreux travaux récents dont les auteurs ont largement tenu compte. Après avoir décrit les caractères généraux de ces roches et les faciès pétrographiques, ils étudient les facteurs du métamorphisme, ses modes différents et les expériences que les hypothèses ont suscitées, ses rapports avec les phénomènes géologiques, enfin la décomposition des roches.

La Cybernétique et l'origine de l'information, par R. RUYER. 1 vol. 13×19, 236 p. Flammarion, Paris, 1954. Prix : 550 F.

Critique constructive faite par un philosophe, qui a fait effort pour pénétrer l'esprit nouveau et la méthode positive qui font la principale valeur de ces deux sciences connexes souvent mal distinguées : théorie de l'information, science des messages de l'environnement qui conditionnent les réactions d'un organisme ; et cybernétique, science des systèmes organisés, mécaniques ou biologiques, qui font usage de ces messages. L'auteur souligne qu'on connaît scientifiquement dans la mesure où l'on sait fabriquer des modèles schématiques, dans la mesure où une technique peut essayer de reproduire les phénomènes à connaître. C'est le rôle de l'*analogie fonctionnelle*, par lequel on peut définir la cybernétique à côté de l'*analogie structurelle* vers laquelle s'oriente par exemple la synthèse chimique dans ses recherches sur la matière vivante. La distinction établie entre espace de comportement et espace axiologique (théories de Kurt Levin) qui est le champ d'action dans lequel s'exerce l'activité cérébrale, où les perceptions sont valorisées en fonction de la structure mentale et du conditionnement antérieur du sujet, doit permettre aux cybernéticiens de trouver un plan de raisonnement satisfaisant ; elle est une contribution positive de l'auteur. Il consacre le dernier chapitre à la question à l'ordre du jour des rapports entre l'antihasard, tel que l'imaginait Maxwell avec son démon, et l'entropie.

Les Poissons, par R. BAUCHOT et M.-L. BAUCHOT. 1 vol. « Que sais-je ? », 11×17,5, 128 p., 19 fig. P. U. F., Paris, 1954. Prix : 153 F.

Organisation générale des Poissons, physiologie, classification et principaux groupes, poissons fossiles, reproduction avec ses différentes modalités, développement et métamorphoses, poissons parasites et commensaux, poissons des différentes eaux, migrations; les auteurs ont réussi un résumé qui reste un tableau vivant de ce monde immense et si varié.

Fourmis et Termites, par Julian HUXLEY. Trad. de William PENNASOUD. 1 vol. 13,5×18, 104 p., 47 fig. A la Baconnière, Neuchâtel, 1955. Prix : 585 F.

Le célèbre biologiste britannique, en nous présentant les insectes sociaux par excellence, a choisi surtout les phénomènes qui permettent une comparaison ou soulignent un contraste avec les groupements humains. La différenciation des castes, plus ou moins poussée selon les espèces, les échanges de nourriture (*trophallaxie*), les soins donnés aux reproducteurs et aux jeunes par des ouvrières spécialisées, la construction des nids et leur aménagement, la culture des champignons, sont ici exclusivement des phénomènes biologiques, génétiques ; le comportement des individus est étroitement déterminé par leur constitution physique héréditaire, au même titre que leur anatomie et leur physiologie. Les mœurs curieuses des fourmis esclavagistes, les rapports entretenus avec certains parasites ne font pas exception et J. Huxley présente quelques explications ingénieuses dans le cadre de la sélection naturelle. Bien que les fourmis soient capables d'adapter leur comportement à des situations imprévues, l'auteur a beau jeu d'opposer leurs conduites stéréotypées aux facultés humaines et d'établir que l'Homme n'est nullement menacé d'une évolution du même genre. Certes, mais qu'on arrive au même résultat par une organisation volontaire ne rendrait pas notre sort meilleur.

ERRATA

Nous devons signaler deux erreurs qui se sont glissées dans l'illustration de notre dernier numéro (octobre 1955). Les clichés des figures 5 (p. 393) et 7 (p. 394) ont été intervertis. L'appareil présenté comme interféromètre de Michelson de la Société Métroptique est en réalité l'interféromètre Perot et Fabry construit par Jobin et Yvon, et inversement.

D'autre part, la formule de la lécithine (fig. 3, p. 409) est incomplète. Dans la ligne inférieure de cette formule, au lieu de :



$$CH_2 — PO_4H — CH_2 — N...,$$

il faut lire :



$$CH_2 — PO_4H — CH_2 — CH_2 — N...$$

Pharmacology in Medicine, par V. A. Drill. 1 vol. 22×28, 1 111 p. McGraw-Hill, New-York et Londres 1954. Prix, relié : 146 sh. 6 d.

Présenté par le professeur V. A. Drill et malgré sa rédaction par 81 spécialistes, cet important ouvrage, véritable somme de la pharmacologie américaine, a une clarté et une uniformité remarquables. La pharmacologie, tout en conservant les médicaments éprouvés, a été bouleversée par la foule de nouveautés apparues ces dernières années qui ont vu le triomphe de la synthèse organique, des antibiotiques, des vitamines, des hormones, etc. L'ouvrage offre une documentation moderne de cette science. Les produits sont étudiés en fonction de leur action physiologique, de leur absorption, de leur élimination par l'organisme, de leur toxicité et enfin de leurs emplois thérapeutiques. Les doses sont exprimées dans le système métrique, conformément aux récents usages américains et anglais. La classification adoptée se réfère aux applications. Les chapitres sont divisés en 87 rubriques faciles à consulter et accompagnées de références bibliographiques.

The British Isles, par L. Dudley Stamp et Stanley H. Beaver. 1 vol. 14×21, 780 p., 331 fig., cartes, index ; 4e éd. Longmans, Londres, 1954. Prix, relié : 42 sh.

Un remarquable « survey » des îles britanniques. Le plan est simple, et permet de trouver aussitôt le chapitre correspondant au renseignement cherché : le sol, le climat, l'utilisation du terrain, la végétation, les forêts, l'agriculture, la pêche, le charbon, les industries métallurgiques, textiles, chimiques, Londres, les ports. Tels sont les principaux chapitres, illustrés de cartes et de figures claires, inédites, vivantes, et de photographies. L'exposé de la croissance et des fonctions de Londres est un excellent panorama où rien n'est oublié ; jusqu'aux statistiques, la documentation est récente (1952 ou 1953), les questions à jour. En définitive, le manuel *up to date*, le meilleur accessible à des étrangers. Impossible désormais de l'ignorer, dans cette nouvelle édition complètement refondue.

L'Espagne inconnue, par Georges Pillement. 1 vol. 14×19, 280 p., 46 photos h. t. Grasset, Paris, 1954. Prix : 780 F.

Comme *La France inconnue*, du même auteur (en cours de publication), cet ouvrage entreprend de révéler au public cultivé des merveilles artistiques peu visitées ; de la péninsule ibérique, l'auteur brosse de saisissants tableaux, ici celui de cette austère Castille, « pays de plateaux, uniformes et monotones, ou boursouflés et montagneux, toujours arides, dépouillés, brûlés... Ici et là un village construit avec le roc, dans le roc et toujours de la même couleur que le décor qui l'environne ». L'expérience tirée de vingt séjours en Espagne, et l'autorité de l'auteur sont les plus sûrs garants de l'agrément du voyage. Livre à emporter, vade-mecum du touriste et de l'archéologue (nombre de renseignements donnés par G. Pillement sont inédits, et ne figurent pas dans les guides, même les meilleurs).

Les fossiles, par Eliane Basse de Ménorval. 1 vol. « Que sais-je ? », 11×17,5, 127 p., 166 fig. P. U. F., Paris, 1955. Prix : 153 F.

Ce petit livre présente un tableau résumé des principaux types de structure végétaux et animaux révélés par la paléontologie et donne quelques exemples de problèmes posés par la comparaison des fossiles. Mais la place dont l'auteur disposait l'a conduit à sacrifier les explications aux énumérations.

Le gérant : F. Dunod. — DUNOD, ÉDITEUR, PARIS. — DÉPÔT LÉGAL : 4e TRIMESTRE 1955, No 2736. — Imprimé en France.
BARNÉOUD FRÈRES ET Cie, IMPRIMEURS (310566), LAVAL, No 3237. — 11-1955.

Le gérant : F. Dunod. — dunod, éditeur, paris. — dépôt légal : 4e trimestre 1955, n° 2736. — Imprimé en france.
barnéoud frères et cie, imprimeurs (310566), laval. n° 3237. — 11-1955.